

Trabajo Fin de Grado

Gestión y restauración fluvial para la ordenación del territorio. El caso del río Mijares (Teruel).

River management and restoration for the spatial planning: Mijares River (Teruel).

Autor/es

Pedro Javier Valverde Ferrer

Director/es

Alfredo Ollero Ojeda

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

2017 - 2018

Resumen:

El presente trabajo es un estudio del río Mijares en el territorio aragonés, localizado en la provincia de Teruel. El Mijares es un río característico de la zona mediterránea, con oscilaciones estacionales y anuales pero que se van reduciendo especialmente a partir de los años 90, lo que puede deberse a factores naturales como el cambio climático o a factores humanos como todos los obstáculos que se sitúan en el cauce y sus riberas. Todos esos elementos no naturales modifican el comportamiento natural del río y, además, al localizarse en la llanura de inundación hay riesgo ante crecidas importantes. Este trabajo se ha enfocado en localizar las problemáticas más generales de este río y proponer una serie de soluciones como pueden ser la demolición de infraestructuras, construcción de vados más grandes o determinar una serie de áreas de interés que tendrían que ser protegidas y puestas en valor. Además, todas estas propuestas podrían ser útiles para futuros estudios en este río o en otros, ya que la problemática está generalizada en muchos ríos.

Palabras clave: río Mijares; obstáculos; dinámica natural; restauración fluvial; inundabilidad.

Abstract:

The present work is a study of the Mijares River in the Aragonese territory, located in the province of Teruel. The Mijares is a typical river of the Mediterranean area, with seasonal and annual variations but that are being reduced especially as of 90's, what may be due to natural factors like de climatic change or to human factors like all the obstacles that are placed in the channel and in the banks. All those non-natural elements modify the river's natural behavior and, also, as they are located in the floodplain there is a risk to important overflows. This work is focused in to locate the more general issues and to suggest a series of solutions like the demolition of some infrastructures, construction of bigger fords or to determinate a series of relevant areas which they had to be protected and enhanced. Also, all these suggestions could be useful for future studies in this river or in other rivers, because this issues are widespread in so many rivers.

Key words: Mijares River; obstacles; natural dynamic; river restoration; flooding.

A. INTRODUCCIÓN.....	3
A.1. La Ordenación del Territorio y los ríos.....	3
A.2. Área de estudio.....	4
A.3. Justificación del trabajo.....	5
A.4. Objetivos.....	6
A.5. Material y métodos.....	6
B. RESULTADOS.....	11
B.1. Caracterización de la cuenca.....	11
B.1.1. Clima.....	11
B.1.2. Pendientes.....	13
B.1.3. Litología.....	14
B.1.4. Vegetación y usos del suelo.....	15
B.1.5. Escorrentía e infiltración.....	16
B.2. Funcionamiento hidrológico.....	17
B.2.1. Comportamiento y régimen.....	17
B.2.2. Eventos extremos.....	21
B.2.3. Inundabilidad y riesgos.....	27
B.3. Diagnóstico.....	34
B.3.1. Diferenciación de tramos.....	34
B.3.2. Visión local de la problemática.....	35
B.3.3. Mapa de obstáculos.....	35
B.3.4. Aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG).....	36
B.4. Propuestas.....	41
B.4.1. Análisis DAFO.....	41
B.4.2. La Peñuela.....	43
B.4.3. Áreas de interés fluvial.....	48
B.4.4. Vados.....	75
B.4.5. Propuestas de restauración.....	80
C. CONCLUSIONES.....	84
D. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS.....	85
ANEXOS.....	87

A. INTRODUCCIÓN

A.1. La Ordenación del Territorio y los ríos.

En la ordenación del territorio, el objetivo principal es trabajar por el bienestar de la población y, según está formulado en la Estrategia Territorial Europea (ETE), lo que se pretende es lograr un «desarrollo equilibrado y sostenible de la Unión Europea». La mención de la palabra "sostenibilidad" sugiere un desarrollo que sea respetuoso con el medio ambiente, sin dejar que la explotación de los recursos naturales sea tal que las necesidades de las generaciones futuras se vean comprometidas. Por tanto, un desarrollo sostenible implica que el desarrollo de las actividades humanas no ha de deteriorar de manera perpetua los elementos del medio natural.

En este trabajo, el objeto a estudiar y analizar es uno de los elementos naturales del territorio que mayor importancia y relevancia tiene para el medio físico y humano hoy en día, y que en el pasado fue el núcleo de las civilizaciones: los ríos.

Específicamente, el río en el que se centra este trabajo es el río Mijares, cuyo nacimiento se da en la provincia de Teruel, Aragón, y cuya desembocadura se produce en la Comunidad Valenciana hacia el mar Mediterráneo.

En el caso de este río, de realizarse algún tipo de plan o actuación de ordenación territorial, éste incluiría dos de los objetivos temáticos que nos llegan desde la Comisión Europea para el periodo 2014-2020 y que estarían financiados por el Fondo de Cohesión de la Unión Europea. Dichos objetivos temáticos son:

- **Objetivo temático 5.** Fomento de la adaptación al cambio climático y gestión y prevención de riesgos.
- **Objetivo temático 6.** Preservación y protección del medio ambiente y fomento de la eficiencia de los recursos.

Con esto se quiere decir que en la teoría ya está planteada la ordenación del territorio para los sistemas fluviales. En cambio, para llevar esa teoría a la práctica y conseguir elaborar una planificación de un sistema fluvial son necesarios multitud de estudios y análisis para que se pudiese lograr una ordenación lo más «equilibrada y sostenible» posible.

De esta manera, el presente trabajo podría ser considerado como una primera fase previa de estudio y análisis para la elaboración de una o varias estrategias que pusieran en marcha actuaciones de ordenación territorial y, en este caso, de restauración fluvial.

A.2. Área de estudio.

Para realizar el presente trabajo se ha querido centrarse principalmente en un río concreto para realizar los diferentes análisis aunque las conclusiones a las que conduzcan los resultados van a poder ser extendidas más allá de ese río ya que existe una problemática generalizada a lo largo de todo el mundo.

El río en cuestión que va a ser analizado es el río Mijares, localizado en la cuenca hidrográfica del Júcar y atravesando las Comunidades Autónomas de Aragón y de la Comunidad Valenciana. El Mijares nace a unos 1.600 msnm en la sierra de Gúdar cerca de Cedrillas. Que su curso alto esté situado ahí va a ser un factor condicionante del comportamiento hidrológico natural a través de las precipitaciones líquidas e incluso sólidas que se puedan dar en la cabecera. El caudal del Mijares, por tanto, no es continuo todo el año sino que tiene periodos de mayor y menor caudal debido a las ya mencionadas precipitaciones.

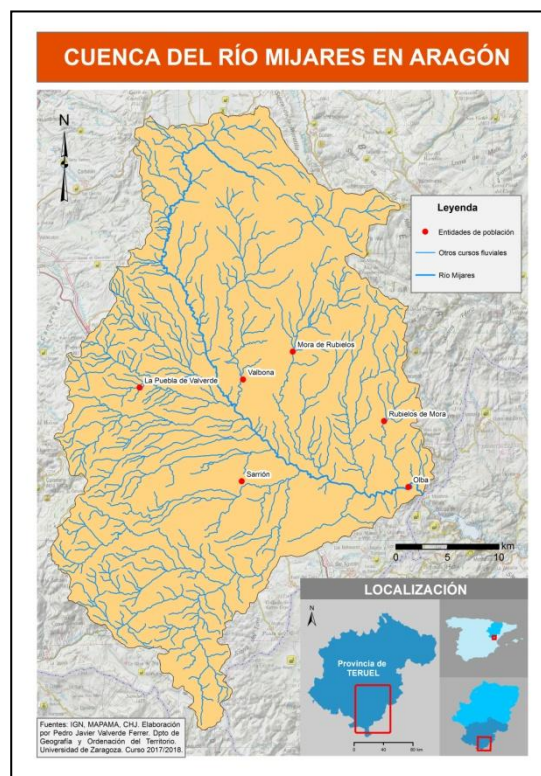


Fig.A.2.1. Delimitación de la cuenca del Mijares en Aragón.

Por otro lado, la cuenca del Mijares se localiza en una zona donde suelen dominar las litologías calcáreas por lo que es muy probable que el río cuente con agua durante todo el año debido al agua de infiltración que se ve favorecida por esas litologías.

El Mijares desemboca directamente en el mar Mediterráneo, en la Comunidad Valenciana, y su desembocadura es un humedal que fue declarado Paisaje Protegido por el Decreto 79/2005, de 15 de abril, del Consejo de la Generalidad Valenciana, por lo que de acuerdo al Plan Rector de Uso y Gestión del Espacio Protegido algunos de los objetivos del régimen de protección son: conservar, regenerar y conservar el valor ecológico y paisajístico, mejorar los paisajes de interacción histórica entre hombre y naturaleza, proteger el patrimonio, promover la gestión racional y uso sostenible de los recursos, conseguir y mantener un adecuado nivel de cantidad y calidad de las aguas superficiales evitando cualquier actuación que pueda ser causa de su degradación o corregir los impactos negativos existentes sobre los hábitats y el paisaje.

De todas formas, el área de estudio de este trabajo se queda dentro del territorio aragonés por lo que no se va a contemplar lo que ocurra aguas abajo del embalse de Arenós, ya en la Comunidad Valenciana, o en ese mencionado Espacio Protegido.

Así, se ha querido cartografiar la cuenca del Mijares hasta antes de pasar a la Comunidad Valenciana y justo a continuación del municipio de Olba (Teruel) y también se ha cartografiado el tramo del río que se ha visitado y estudiado más a fondo (figura A.2.2).

La cuenca del Mijares cartografiada se localiza en el sureste de la provincia de Teruel y el río principal tiene una orientación NO-SE. Se sitúa casi enteramente en la comarca de Gúdar-Javalambre y en la figura A.2.1 se pueden observar las localizaciones de algunas de las entidades de población de dicha comarca como Mora de Rubielos, la cabecera comarcal, y otras entidades cercanas al río Mijares.



Fig.A.2.2. Tramo del río Mijares que ha sido estudiado y analizado en este trabajo.

A.3. Justificación del trabajo.

El motivo principal de la realización del presente trabajo parte del interés despertado en la asignatura de prácticas externas de la Universidad de Zaragoza, realizadas en la comarca Gúdar-Javalambre, con las cuales se colaboró en la elaboración de un informe en cooperación con el Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF) sobre el río Mijares, en el que se analizaron y evaluaron las problemáticas actuales que posee.

Tanto el Ayuntamiento de Olba como la comarca Gúdar-Javalambre, como las asociaciones Mijares Vivo y El Mijares no se toca mostraron mucho interés en que se estudiara la problemática del río, al que consideran el máximo valor del valle.

Con ese informe se ha visto que el río Mijares se encuentra bastante desnaturalizado, especialmente en zonas concretas, con numerosas estructuras como vados, puentes, azudes o centrales hidroeléctricas que modifican el curso natural.

De esta manera, los resultados de los análisis personales que se llevaron a cabo en dicho informe se han desarrollado y completado, presentándose como trabajo fin de grado. Se ha avanzado mediante una óptica medioambiental respetuosa donde las actividades humanas no modifiquen de manera irremediable el entorno natural, realizando para ello una correcta gestión y ordenación del territorio para que se puedan evitar problemas en el medio y riesgos a la población.

Además, ya que la problemática encontrada en el río Mijares no es sólo propia de él sino que existe una problemática generalizada en la gran mayoría de los ríos del planeta, las medidas que se propongan y conclusiones que se saquen al final de éste trabajo pueden servir para futuros estudios y planeamiento que se realicen en otros ríos.

A.4. Objetivos del trabajo.

El objetivo general en el que se basa este trabajo es el proponer una serie de actuaciones de mejora del río Mijares en su tramo medio en Aragón desde una perspectiva de restauración fluvial.

Para llegar a esas propuestas, se establecen unos objetivos específicos:

- Interpretar y analizar el comportamiento y funcionamiento fluvial de la cuenca y del río mijares en el área de estudio.
- Diagnosticar el estado actual del río Mijares en el tramo estudiado e identificar los problemas más relevantes.
- Buscar posibles soluciones y actuaciones en el ámbito de la restauración fluvial que contribuyan a la mejora del río Mijares y que puedan servir para futuros estudios en el mismo u otros ríos.

A.5. Material y métodos.

A.5.1. Fuentes de datos:

La fuente principal de datos de archivos en formato *shapefile* ha sido el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de su Centro de descargas aunque para la descarga de otras capas y de datos de información puntual concreta se ha acudido a la Confederación Hidrográficas del Júcar y a la web del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Por otro lado, la información climática de la cuenca de estudio ha sido obtenida mediante bibliografía específica y a través de la web Climate-Data.org para conocer la distribución temporal de las temperaturas y precipitaciones de algunas zonas concretas de la cuenca. También se han utilizado datos litológicos que han sido obtenidos a través del Instituto Minero y Geológico de España (IGME).

Partiendo de la capa del Modelo Digital del Terreno (MDT) descargada del IGN se han elaborado las cartografías del apartado de la caracterización de la cuenca. Junto con ese MDT a escala 1:25.000 también se han obtenido las capas de la Base Topográfica Nacional (BTN) a la misma escala, de la cual se han conseguido algunas capas útiles para la elaboración de cartografías como la red hidrográfica o los embalses. Del mismo IGN también se han descargado las ortofotos del PNOA de la zona de estudio y la capa del Corine Land Cover (CLC), la primera como ayuda para la determinación manual de algún obstáculo antrópico en el río Mijares y la segunda para la realización del mapa de los usos del suelo.

Como ya se ha comentado, algunas capas de datos se han descargado desde la Confederación Hidrográfica del Júcar como las capas de los azudes actuales o la capa de las subcuencas a escala 1:25.000 para la delimitación de la cuenca del Mijares hasta después de pasar por el municipio de Olba.

En el caso de la información hidrológica, ésta ha sido obtenida a través del Anuario de Aforos disponible en el MAPAMA y su tratamiento se ha realizado con el programa Microsoft Excel.

Por último, para conocer los caudales máximos de diferentes periodos de retorno se ha utilizado la aplicación CauMax para elaborar una cartografía de nube de puntos y para elaborar la cartografía de superficies de inundación y posterior mapa de riesgos de inundaciones se han

usado como base unas cartografías realizadas por el Gobierno de Aragón sobre la susceptibilidad de riesgos por inundaciones además de capas de datos de inundaciones del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) del MAPAMA.

Todas las cartografías han sido elaboradas a través del programa ArcMap y la creación de nuevas capas y de bases de datos espaciales se ha hecho mediante ArcCatalog. Las tablas y gráficas que se muestran han sido realizadas con el programa Microsoft Excel.

A.5.2. Metodología general

Para realizar este trabajo, en primer lugar hubo una fase de documentación sobre los diferentes temas a tratar con aportaciones de información e ideas por parte de gente de la comarca Gúdar-Javalambre y por población de la localidad de Olba como el propio alcalde y representantes de las asociaciones "Mijares Vivo" y "Mijares no se toca".

Posteriormente se realizó un trabajo de campo a modo de reconocimiento general de dos jornadas de duración en octubre del 2017 en la que, además, se hicieron entrevistas informales a personas relacionadas con el río y sus problemáticas. Durante estas dos jornadas se realizaron recorridos por los tramos de estudio, se visitaron algunos enclaves de interés o con problemáticas, se hicieron algunas mediciones puntuales y se tomaron varias fotografías.

Haciendo uso de la ofimática y de las herramientas SIG se han realizado tratamiento de datos hidrológicos y elaborado gráficas y cartografías las cuales serán explicadas en detalle en el apartado siguiente.

En marzo de 2018 se volvió a realizar otra jornada de trabajo en campo para terminar de ver alguna zona concreta y volver a revisar las visitadas anteriormente.

A.5.3. Metodología detallada de la elaboración de mapas:

- I. Metodología de la caracterización de la cuenca:

Para la realización de este apartado se ha usado información cualitativa de los distintos componentes físicos que condicionan el medio natural de la cuenca hidrográfica del río Mijares. Para hacerlo más visible, de todas ellas se han presentado cartografías de diverso tipo.

Para la delimitación de la cuenca del río Mijares hasta el límite con la Comunidad Valenciana se ha utilizado la capa de las subcuencas a escala 1:25.000 descargada de la web de la Confederación Hidrográfica del Júcar y de una capa de sombras obtenida mediante la herramienta *Hillshade* con el MDT. A partir de la creación del polígono que delimita nuestra área de estudio se han recortado el resto de capas para que sólo se inscriban dentro de la cuenca, gracias a la herramienta *Clip*; de esta manera, obviamos el resto de la información que queda en el exterior de nuestra delimitación.

En el apartado climático, las fuentes de información han sido un par de documentos que tratan sobre el clima en la provincia de Teruel (Peña et al., 2002) y sobre el clima del Sistema Hidrográfico del río Mijares-La Plana (Quereda et al., 2016). Además, se ha utilizado el Atlas Climático de Aragón, tanto su versión digital como su visor interactivo, en el cual se presentan

y analizan diferentes variables climáticas en el territorio aragonés para contrastar la información dada por esos documentos.

Por su parte, para un mejor conocimiento de la distribución anual de las temperaturas y las precipitaciones se ha recurrido a la página web Climate-Data.org y se han analizado tres climogramas correspondientes a los núcleos de Cedrillas, Valbona y Olba para establecer posibles semejanzas y diferencias entre ellos y, a partir de este análisis, realizar un diagnóstico general de la cuenca del Mijares.

El mapa de pendientes se ha realizado a partir de la capa del MDT y con la ayuda de la herramienta *Slope* de ArcMap se ha obtenido una capa ráster que muestra las pendientes según los grados de inclinación dejando tres intervalos: pendiente inferior a 10°, entre 10° y 20° y superior a 20°. En el mapa final de pendientes se han superpuesto las sombras para dar una mayor sensación de relieve.

Por otro lado, los datos litológicos se han obtenido a través del Mapa Geológico de España de la serie MAGNA50 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), que están divididos en una serie de cuadrantes que se corresponden con hojas a escala 1:50.000 por todo el territorio nacional. Respecto a estas hojas a escala 1:50.000 que se han utilizado para obtener las principales formaciones litológicas de la cuenca del Mijares, la hoja 567 no se ha podido obtener como *shapefile* por lo que se ha utilizado una imagen georreferenciada de dicha hoja, también obtenida del IGME, para elaborar de manera propia un nuevo *shapefile*. La imagen georreferenciada ha servido de base para construir los polígonos y el documento oficial de la hoja correspondiente ha sido utilizado para identificar los diferentes tipos de materiales litológicos. Los otros siete cuadrantes restantes que intersecan el área de estudio (hojas 568, 590, 591, 613, 614, 638 y 639) proporcionan información espacial sobre la litología perfectamente en sus respectivos *shapefiles* por lo que simplemente se han incorporado al proyecto. Una vez obtenidas todas las formaciones litológicas de nuestra área de estudio se ha procedido a su reclasificación en varios grupos para simplificar la información de cara al comportamiento de los procesos hidrológicos. Dichas agrupaciones simplificadas son las siguientes:

- Alternancia de calizas, arcillas y margas.
- Arcillas y arenas.
- Arcillas y yesos.
- Calizas.
- Calizas y dolomías.
- Conglomerados y gravas.
- Margas y calizas.

La última cartografía que se ha realizado de los factores condicionantes ha sido el mapa de vegetación y usos del suelo para el cual simplemente se ha utilizado la capa del Corine Land Cover (CLC) y se ha recortado según la delimitación de la cuenca mediante la herramienta *Clip* al igual que el resto de cartografías. Una vez que se ha obtenido la capa del CLC se han integrado algunos usos del suelo en grupos más generales para simplificar la información existente, de la misma manera que en el caso anterior. Han quedado los siguientes usos del suelo:

- Agrícola pero con vegetación natural.
- Bosques de coníferas.
- Bosques de frondosas.
- Bosques mixtos.
- Cultivos de regadío.
- Cultivos de secano.
- Matorral boscoso de transición.
- Matorrales esclerófilos.
- Matorrales húmedos.
- Prados y pastizales.
- Tejido urbano discontinuo.

Por último, se ha elaborado una cartografía que pone en relación las pendientes, la litología y la vegetación y los usos del suelo para identificar visualmente las áreas donde predominarán los procesos hidrológicos de la escorrentía superficial o de la infiltración. La cartografía se ha elaborado reclasificando los mapas ya mencionados y sumándolos con la herramienta de álgebra de mapas *Raster Calculator*. Los valores de pendientes, de las distintas litologías y de los usos de suelo según su permeabilidad se han reclasificado con valores de 0 a 10, siendo el valor mínimo el dominio de la infiltración y el valor máximo el dominio de la escorrentía superficial. La reclasificación para cada uno de los componentes se puede visualizar en las tablas 1, 2 y 3.

- **Pendientes:** Se tiene en cuenta que a mayor pendiente hay mayor movilidad del agua y, por tanto, mayor probabilidad de procesos de escorrentía superficial.

Tabla A.5.1. Reclasificación de las pendientes.

Pendiente	Valor reclasificado
Inferior a 10°	1
Entre 10° y 20°	5
Superior a 20°	10

- **Litología:** Se ha realizado a partir del grado de permeabilidad de las rocas. Los materiales calcáreos son los que tienen el valor más bajo de escorrentía ya que conocemos que poseen una elevada permeabilidad pero no tienen un valor de 0 ya que las arcillas y las margas presentes les ocurre lo contrario. En cuanto al valor medio de los conglomerados y gravas se debe a que la capacidad de infiltración va a depender de su grado de compactación y de si existen grietas o no en la roca, por lo que se considera que un valor medio es lo más acertado.

Tabla A.5.2. Reclasificación de la litología.

Litología	Valor reclasificado
Calizas y dolomías	2
Calizas	2
Margas y calizas	2
Alternancia de calizas, arcillas y margas	5
Conglomerados y gravas	5
Arcillas y yesos	7

- **Vegetación y usos de suelo:** Dado que los bosques densos remueven las capas superficiales del suelo con sus raíces, éstos tienen un valor mínimo de escorrentía, mientras que los valores medios se han puesto en la vegetación de matorral ya que, aunque también remueven el suelo con las raíces, no lo hacen con la misma intensidad que los bosques densos. En cuanto al tejido urbano, se le ha puesto un valor máximo de escorrentía ya que los suelos urbanos, al estar compactados y cementados, no dejan que el agua se infiltre a través.

Tabla A.5.3. Reclasificación de la vegetación y los usos del suelo.

Uso de suelo	Valor reclasificado
Bosques de coníferas	1
Bosques de frondosas	1
Bosques mixtos	1
Matorral boscoso de transición	3
Agrícola pero con vegetación natural	3
Prados y pastizales	5
Cultivos de secano	5
Cultivos de regadío	5
Matorrales húmedos	5
Matorrales esclerófilos	5
Tejido urbano discontinuo	10

Una vez realizada la reclasificación se ha procedido a convertir los tres mapas mencionados a formato ráster mediante la herramienta *Polygon to Raster* para que se puedan sumar esos valores de escorrentía.

Por último, con la ya mencionada herramienta *Raster Calculator* se han sumado las tres cartografías reclasificadas. Se ha decidido no ponderar ninguna de ellas porque, después de realizar una serie de pruebas previamente, se ha visto que los cambios no eran significativos. Así, la cartografía resultante nos da información de las zonas donde potencialmente se va a producir mayor escorrentía y las zonas donde, por el contrario, más infiltración.

- II. Cartografía de inundabilidad:

Para la elaboración del mapa de inundabilidad en dos tramos del río Mijares se han obtenido las capas de inundabilidad de tres periodos de retorno diferentes (10, 50 y 500 años) disponibles en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), las cuales se han superpuesto de tal manera que se puedan observar las zonas que serían inundadas en cada periodo de retorno.

También se han utilizado algunas capas obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) como son la capa de edificaciones, la red fluvial y la ortofoto del PNOA de máxima actualidad para poder identificar algunas edificaciones o infraestructuras dentro de la llanura de inundación que no estuviesen contempladas en la capa de edificaciones del IGN.

De esta manera, simplemente se han añadido las capas mencionadas para poder representar la inundabilidad de los dos tramos que quizás mayor riesgo poseen.

B. RESULTADOS

B.1. Caracterización de la cuenca

B.1.1. Clima

El clima es uno de los factores de mayor importancia en un territorio ya que determina en gran medida el comportamiento de los demás elementos del medio a partir del régimen de precipitaciones y de la temperatura que haya. En este caso, la cuenca del río Mijares en Aragón se sitúa al sur de la provincia de Teruel, donde el río ha formado un valle y circula entre dos áreas montañosas (la sierra de Gúdar y la sierra de Javalambre), localizándose en una depresión ibérica donde el clima es mediterráneo continentalizado.

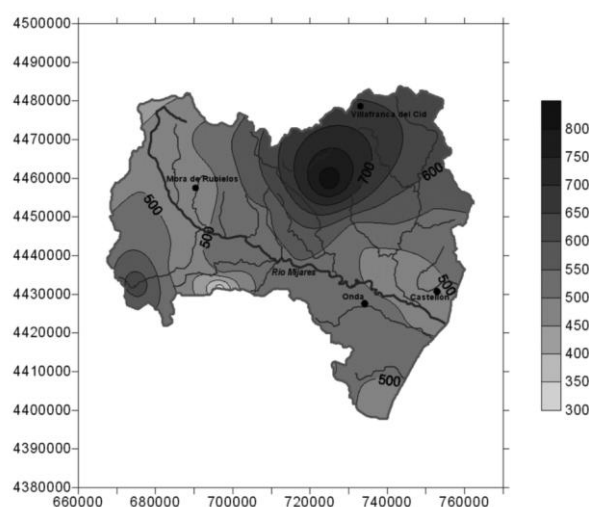


Fig.B.1.1. Valores de la precipitación media anual sobre el Sistema Hidrográfico del río Mijares-La Plana (1950-2000) (Quereda et al., 2016).

Para poder visualizar la distribución anual de las precipitaciones así como la dinámica que presentan las temperaturas a lo largo del curso del río Mijares se han elaborado un total de tres climogramas. El primero de ellos es el de Cedrillas, la localidad más cercana al nacimiento del Mijares situada en la sierra de Gúdar. El segundo es el climograma de Valbona, localidad situada a orillas del río Valbona, afluente del Mijares, y en el centro de la cuenca en Aragón. Por último, se ha realizado el climograma de la localidad de Olba, situada a orillas del Mijares y siendo el último punto antes de que el río salga de Aragón.

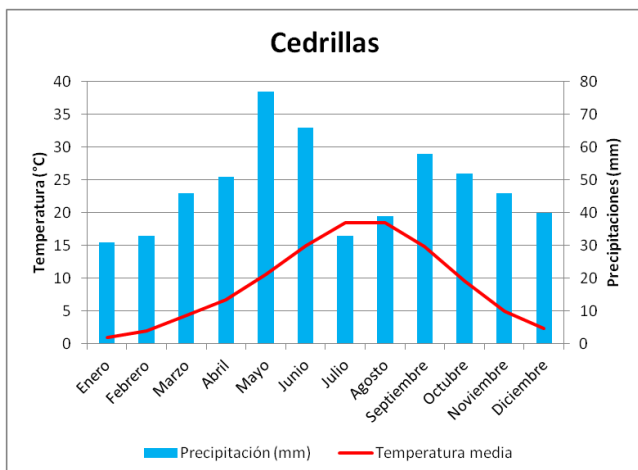


Fig.B.1.2. Climograma de Cedrillas con los datos de es.Climate-Data.org.

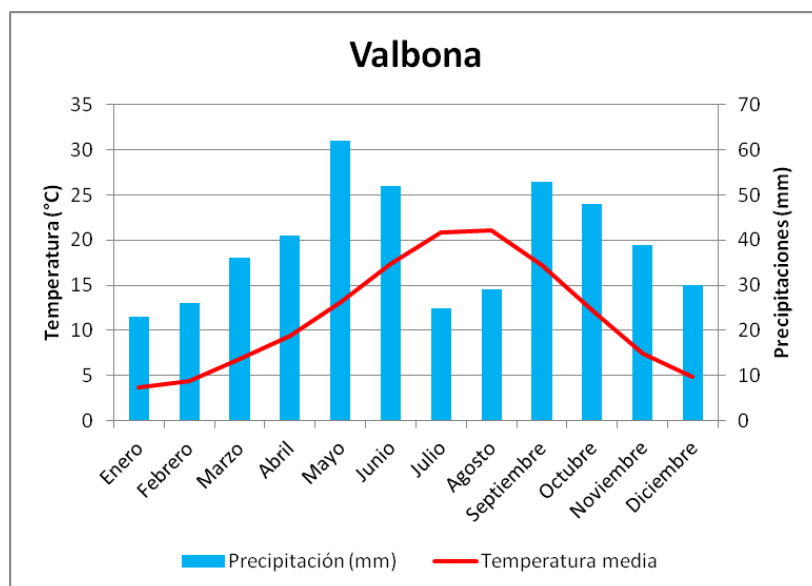


Fig.B.1.3. Climograma de Valbona con los datos de es.Climate-Data.org.

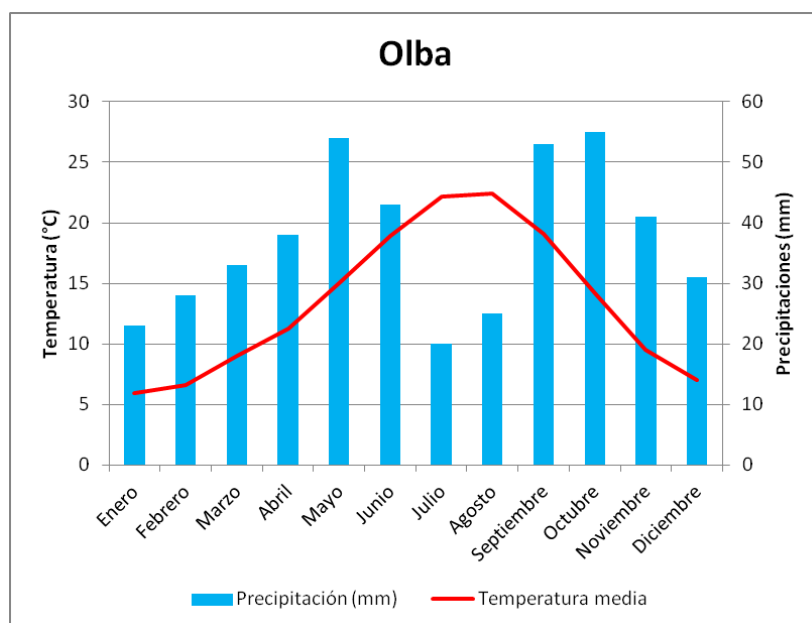


Fig.B.1.4. Climograma de Olba con los datos de es.Climate-Data.org.

Como se puede observar, en la cabecera del Mijares (Cedrillas) las precipitaciones son más cuantiosas que en el resto de su curso debido principalmente a la localización en la serranía, donde la montaña ejerce una acción modificadora en los elementos climáticos favoreciendo el incremento de las precipitaciones y suavizando el régimen térmico.

Conforme el río va acercándose al mar Mediterráneo, el clima va variando notablemente pudiendo visualizar un incremento en las temperaturas medias mensuales y un descenso en el total de precipitación, con una clara estación seca en los meses estivales muy marcada especialmente en la localidad de Olba e inexistente en Cedrillas.

B.1.2. Pendientes

La pendiente, que es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal producida por diferentes agentes geomorfológicos, es un factor muy importante para analizar un territorio y saber localizar potencialmente las zonas donde van a actuar de manera distintas los procesos hidrológicos, pues en zonas abruptas la escorrentía superficial se verá favorecida mientras que en zonas llanas habrá menos movimiento por lo que dominará la infiltración y la percolación. Para identificar esas zonas potenciales se ha elaborado una cartografía que muestra las pendientes de nuestra cuenca de estudio mediante el Modelo Digital del Terreno (MDT) y a partir de la metodología explicada anteriormente. Los valores resultantes se han dividido en tres intervalos de pendiente diferentes: menos de 10° (pendiente suave o terreno llano) entre 10° y 20° (pendiente media) y más de 20° (pendiente alta).

El resultado final se muestra en la figura B.1.5 que sirve de referencia para analizar nuestra zona de estudio. En líneas generales se observa una menor extensión de las pendientes abruptas ya que dominan las pendientes suaves y casi planas. Las zonas más llanas se sitúan en el sector medio de la cuenca ya que son terrazas cuaternarias que se localizan en el fondo del valle rodeadas de sectores con pendientes muy altas, que son la sierra de Gúdar al norte y la sierra de Javalambre al sur.

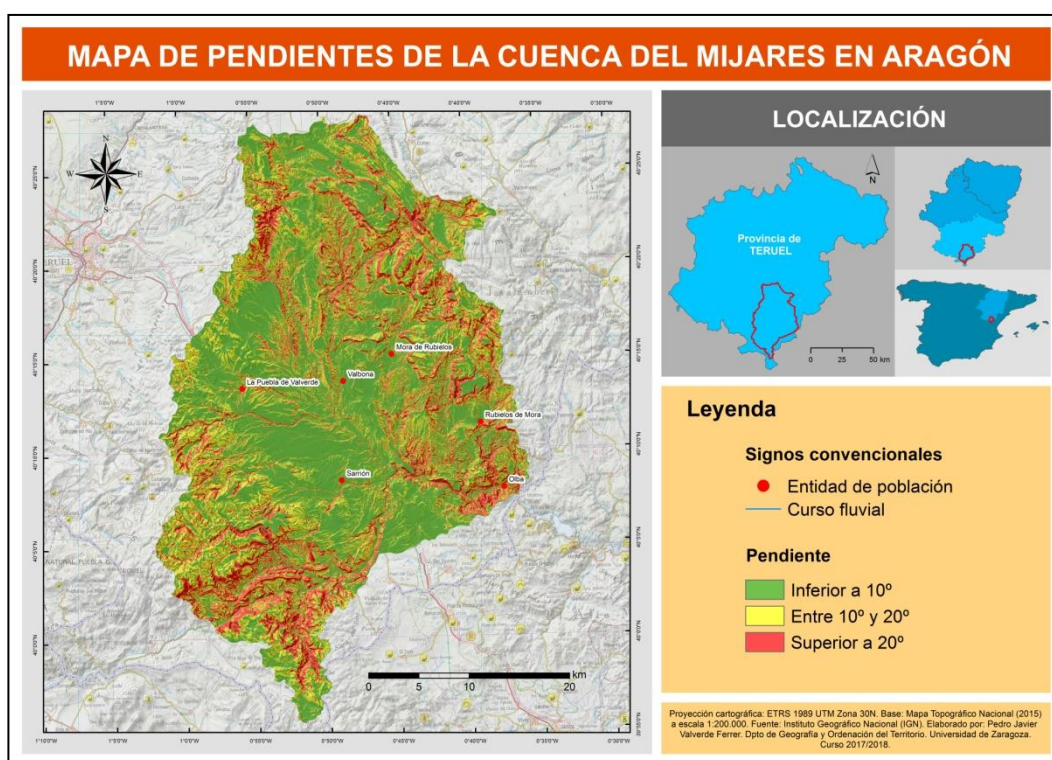


Fig.B.1.5. Mapa de pendientes de la cuenca del Mijares en Aragón.

En general, las áreas con mayor pendiente se han formado debido a un tipo de erosión que domina en esta zona: la erosión fluvial. Este tipo de proceso erosivo en la zona en la que nos encontramos donde dominan litologías calcáreas va a dar lugar a valle de incisión lineal y cañones de gran pendiente pero muy estrechos, por lo que los cursos fluviales en esta zona se van a ver canalizados de manera natural.

Tal y como se ha comentado anteriormente, en líneas generales dominan las pendientes suaves por lo que los procesos hidrológicos que actuarán son aquellos ligados a la infiltración, pues con

pendientes casi planas es más sencillo que el agua pueda infiltrar en las capas superficiales del suelo y percolar hasta el nivel freático. De todas formas, en las zonas donde se localizan pendientes elevadas debería de verse favorecido el proceso de escorrentía superficial pues son lugares donde el agua difícilmente puede infiltrarse en el suelo ya que la propia gravedad la hace moverse de forma continua.

B.1.3. Litología

Poco se puede comentar acerca de la litología de la zona de estudio pues en su mayoría dominan las calizas. La cuenca del río Mijares se encuentra rodeada por dos formaciones con relieves serranos que ya se han mencionado en el apartado anterior: la sierra de Gúdar y la sierra de Javalambre.

La sierra de Gúdar, localizada al norte de la cuenca, es un conjunto de varias alineaciones y cuenta con elevaciones en torno a los 1.000 msn aunque las cotas más altas llegan hasta los 2.000. Está formada generalmente por calizas cretácicas y conforma la cabecera del Mijares. Por otro lado, la sierra de Javalambre, localizada al sur de la cuenca, suele sobrepasar los 1.200 msn y la cota máxima llega a los 2.400. Está formada por calizas y dolomías jurásicas que estructuran un gran domo anticlinal, resultado de las deformaciones que hubo durante el Plioceno Superior, el cual se encuentra muy desmantelado debido a la acción fluvial del río Turia y, en el área de estudio, por la del río Mijares.

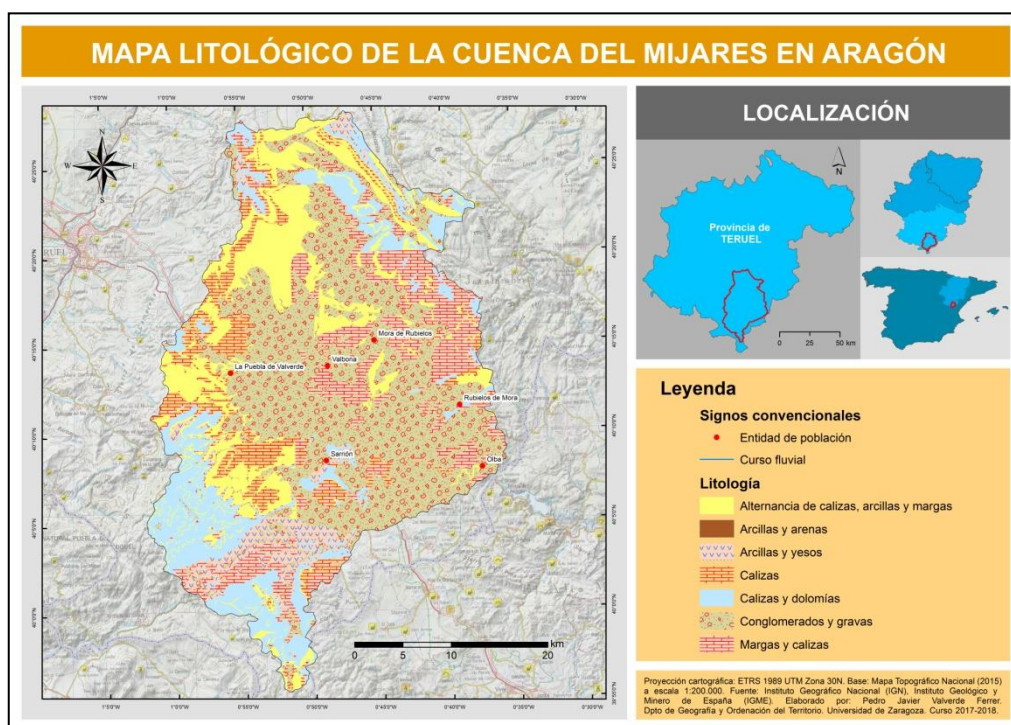


Fig.B.1.6. Mapa litológico de la cuenca del Mijares en Aragón.

Como se puede observar, en las zonas donde se localizan las serranías dominan las litologías calcáreas y en el centro de la cuenca, por donde discurre el curso fluvial principal, dominan las gravas, características de zonas de terrazas fluviales debido a la erosión y sedimentación de la red de drenaje. de esta manera, el proceso que potencialmente va a verse más favorecido con estas litologías es la infiltración ya que las calizas tienen una gran permeabilidad. Aún así, ya

que también se localizan litologías arcillosas y margosas, las cuales son impermeables, en esas zonas la infiltración será menor y podrá actuar la escorrentía subsuperficial.

B.1.4. Vegetación y usos del suelo

El último factor a analizar de esta cuenca va a ser la vegetación y los usos del suelo, utilizándose para ello la cartografía del Corine Land Cover (CLC) del IGN.

El mapa de usos de suelo que se ha elaborado tiene varias categorías diferentes que se resumen en bosques, matorrales, pastos y zonas de cultivo. Además de estas categorías también se han incluido las zonas urbanizadas que existen en la cuenca.

En las áreas menos elevadas y con menor pendiente encontramos los usos de suelo agrícolas, especialmente de secano, algunas zonas de bosques mixtos y también bastante zonas de matorral esclerófilo. Los bosques, como se comentaba en la metodología, tienen un alto valor de infiltración al remover el suelo con las raíces. En el caso de las zonas agrícolas y de matorrales, debido a la menor entidad de vegetación y a que en muchas partes puede no haber siquiera vegetación, la infiltración será menor y en algunos casos podría ser casi nula aunque eso ya dependiendo del grado de compactación del suelo.

En las áreas más elevadas y con mayor pendiente, correspondientes a las dos sierras que hay, se encuentran las zonas más boscosas, con una gran densidad vegetal, que favorecen en primera instancia la infiltración por lo que la dominancia del proceso de infiltración o de escorrentía en estas áreas recaerá más en el componente del relieve que en el de los usos de suelo.

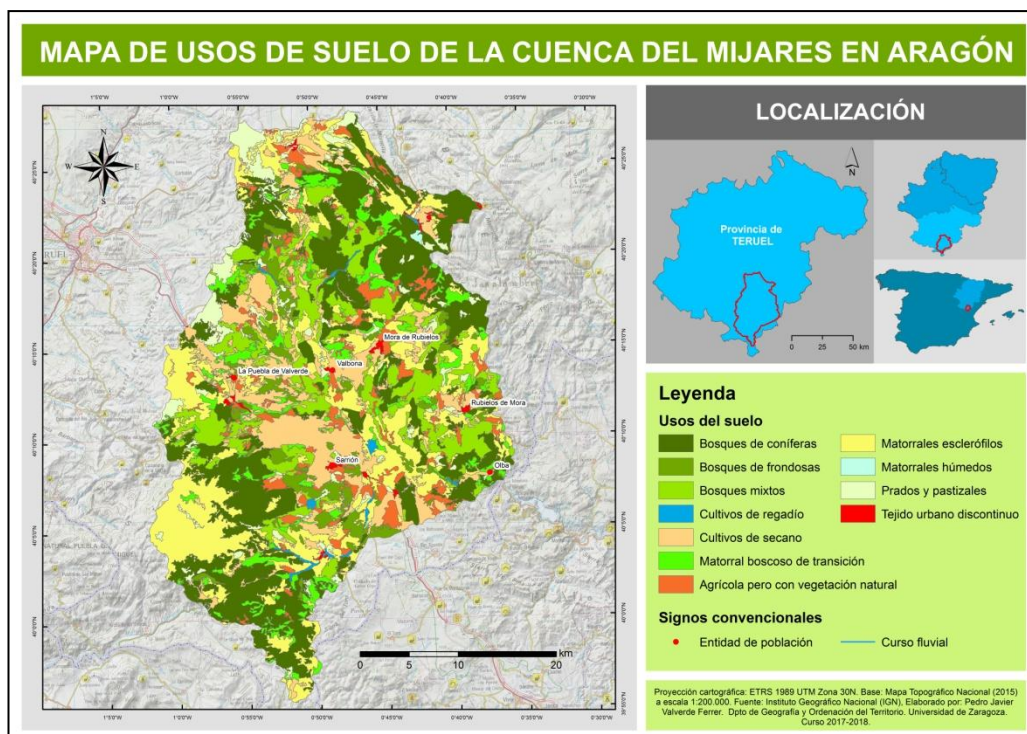


Fig.B.1.7. Mapa de vegetación y de usos del suelo de la cuenca del Mijares en Aragón.

B.1.5. Escorrentía e infiltración

Recopilando las ideas principales que se han desarrollado a partir del análisis de los factores condicionantes se puede concluir que las zonas potenciales donde dominaría un proceso hidrológico u otro no son del todo claras salvo aquellas zonas donde se junten litologías calcáreas, pendientes suaves y áreas de bosque que tendrán una máxima infiltración o aquellas otras donde haya pendientes muy abruptas y escasa cobertura vegetal que tendrán una máxima escorrentía.

Para analizar esto correctamente se ha realizado un mapa uniendo la información de los tres factores condicionantes comentados y cartografiados que se puede visualizar en la figura de a continuación.

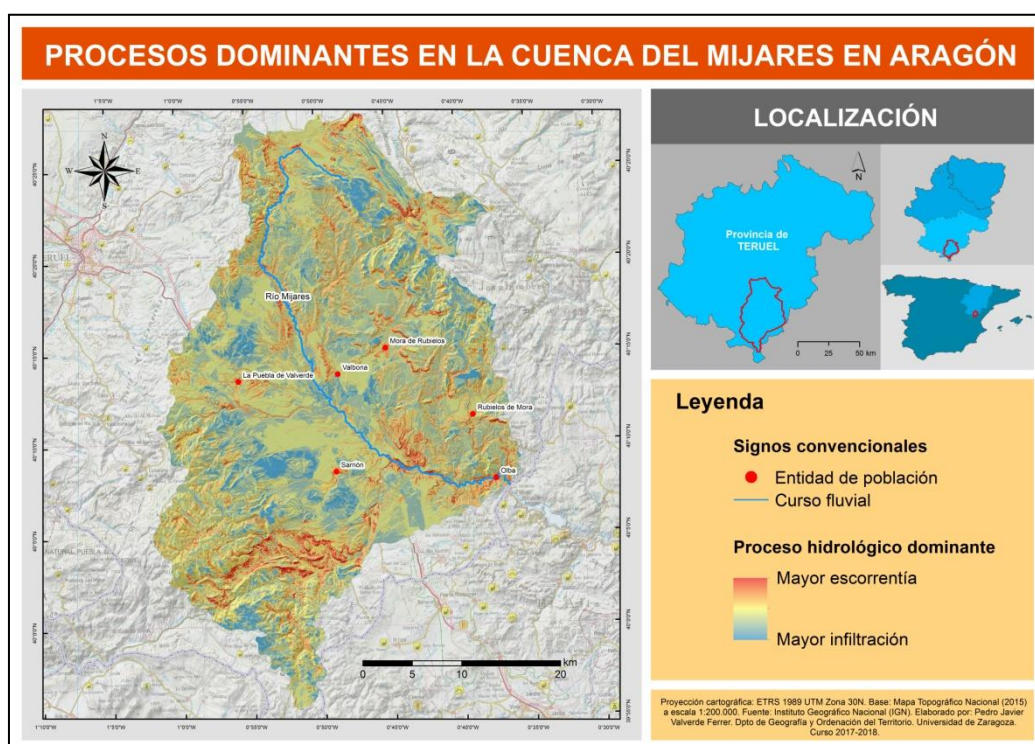


Fig.B.1.8. Mapa de dominancia de los procesos hidrológicos de escorrentía y de infiltración.

Como se puede observar, la dominancia de uno u otro proceso hidrológico no es clara. Únicamente se ve que en las zonas de las serranías más planas, donde se encuentra la superficie de erosión, es en las que la infiltración va a ser máxima mientras que en el resto del territorio se podría decir que ambos tipos de proceso van a actuar casi en la misma proporción aunque en primer lugar siempre actuaría la infiltración.

Ahora bien, este mapa nos muestra que en caso de unas fuertes y largas precipitaciones, la capacidad de infiltración no va a ser suficiente y la escorrentía superficial ganará fuerza, suponiendo la formación de ramblas que transporten buena cantidad de agua y pudiendo generar inundaciones tras una gran avenida.

B.2. Funcionamiento hidrológico

B.2.1. Comportamiento y régimen

Para este apartado de hidrología del río Mijares se han utilizado los diferentes datos de caudal que se encuentran en el Anuario de Aforos de las estaciones de El Terde (8030) y de Arenós Entrada Embalse (8134), éste último situado en el límite de la zona de estudio y justo aguas arriba de la cola del embalse de Arenós.

Para el primero de ellos se han podido obtener datos de un periodo de referencia mucho más largo (1946/47 a 2014/15) que el segundo, por lo que no se han podido estudiar los datos hidrológicos en el punto del aforo de Arenós hasta el año hidrológico 1990/91.

Las series de ambas estaciones nos permiten apreciar que el río Mijares, en su tramo alto, es un río poco caudaloso, tanto si consideramos su caudal (m^3/s) como si ponemos este en relación con la superficie de la cuenca, obteniendo caudales específicos ($\text{l}/\text{km}^2/\text{s}$). Este rasgo es habitual en los ríos de la zona donde se ubica la cabecera del Mijares.

También es digno de mención la alteración que, al menos en algunos tramos del río, sufren estos caudales como consecuencia de la desviación de gran parte del caudal hacia centrales hidroeléctricas, especialmente la de Los Cantos, ya en la provincia de Castellón, pero que afecta al tramo del río que surca la zona de Olba.

- Irregularidad interanual:

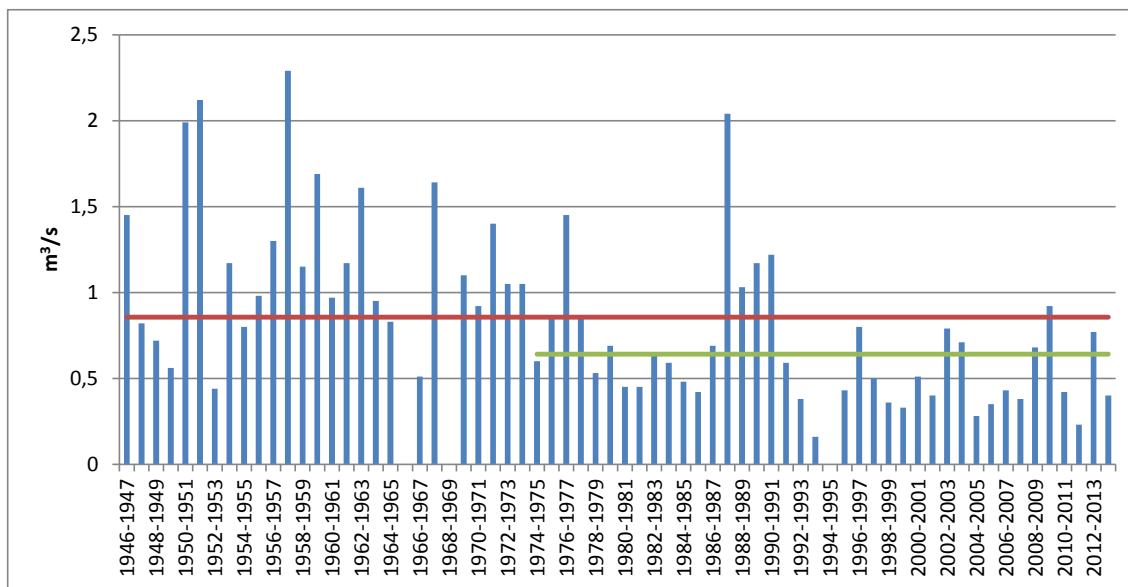


Fig.B.2.1. Gráfica de irregularidad interanual durante el periodo 1946-2013. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Dado el ámbito mediterráneo en el que se ubica la cuenca del río Mijares, a priori cabe esperar una fuerte irregularidad interanual de sus caudales. Esta irregularidad se analiza con las series de datos disponibles y se representa a través de una figura correspondiente a cada uno de los aforos analizados.

En la figura B.2.1 se observan las variaciones interanuales a lo largo de la serie de años con datos hidrológicos del aforo de El Terde, pudiendo visualizar aquellos años en los que el caudal medio anual ha sido inferior al módulo, que es el caudal promedio para toda la serie de referencia y cuyo resultado es de $0'85 \text{ m}^3/\text{s}$. Dicho módulo se señala con una línea recta roja y, además, se ha obtenido un segundo módulo (en verde) para un periodo de tiempo más reciente debido a que se observa una disminución del caudal desde los años 70, que se acentúa desde el inicio de la década de los 90.

Como se puede observar, en todo el periodo de referencia el río Mijares en este tramo es bastante irregular, siendo varios los años en los que su caudal supera al módulo de $0'85 \text{ m}^3/\text{s}$ y otros tantos en los que el caudal es bastante inferior. Ahora bien, se observa un contraste entre diferentes intervalos temporales:

- En los años 50, 60 e inicio de los 70 son muchos más los años en los que el caudal disponible está por encima del módulo que aquellos en los que no se alcanza ese valor de referencia.
- Desde mitad de la década de los 70 dominan los años cuyo caudal medio anual se sitúa por debajo del módulo
- A partir de los años 90 sólo de forma muy ocasional los caudales medios anuales llegan a superar el valor del módulo

Para el conjunto de la serie de registros de El Terde, se obtiene un coeficiente de irregularidad interanual de 13'77. Es decir, el año que el Mijares dispuso de mayor caudal, esté multiplicó en casi 14 veces al disponible en el año de menor de caudal. Este dato convierte al Mijares en El Terde en un río irregular. Eso, añadido a la baja caudalosidad de este tramo del río, supone que éste en determinados años cuente con volúmenes de agua muy escasos.

Aguas abajo del aforo de El Terde y pasada la localidad de Olba, se encuentra un aforo en la entrada al embalse de Arenós. Aquí, tal y como se puede ver en la figura B.2.2, sólo se ha contado con datos hidrológicos desde el año 1991 en adelante. Se observa en primer lugar que el caudal es bastante más elevado que en el aforo de El Terde y, además, el río Mijares en este tramo posee un caudal regular ya que son escasos los años en los que dicho caudal se aleja del módulo. Así, el coeficiente de irregularidad se queda en apenas 2'78, valor extraordinariamente bajo para la zona y sólo apreciado en cuencas con una litología calcárea dominante. Se evidencia, por tanto, un cambio y contraste marcados con lo apreciado en El Terde. Se considera que esto es debido a la aportación efectuada por el río Albentosa y las fuentes de Babor y Mas Royo, todo ello aguas abajo del aforo de El Terde.

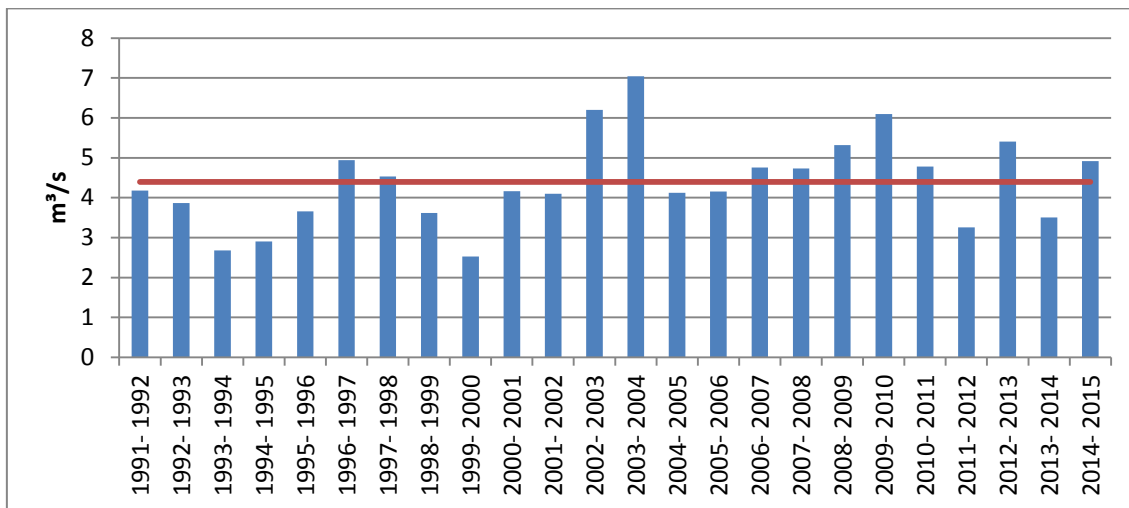


Fig.B.2.2. Gráfica de irregularidad interanual durante el periodo 1991-2015. Aforo de Arenós (entrada). Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

- Variación estacional:

Respecto a la variación estacional del río Mijares, también se han obtenido los datos hidrológicos de los mencionados aforos de El Terde y de Arenós.

Del primero de ellos y dado que se tenían más años de referencia se ha podido elaborar una gráfica que muestra la variación estacional en tres periodos de tiempo distintos. De esta manera, en la figura B.2.3 se puede ver en color azul la variación de toda la serie de referencia de la que se han obtenido datos (1946/47-2014/15), la cual si bien no deja visualizar perfectamente la estacionalidad del río sí que se vislumbra un claro mínimo de caudal en el mes de julio. La continua alternancia de periodos de aguas altas y bajas, es característica del ambiente mediterráneo en el que se ubica la cuenca y reflejo directo de la irregularidad de las precipitaciones en este dominio del clima mediterráneo.

Por otra parte, los otros dos periodos en los que se ha calculado la variación estacional son el periodo 1946/47-1974/75 (en rojo) y el periodo 1990/91-2014/15 (en verde). En el primero, el cual es el periodo de tiempo más antiguo, se observa que la variación del caudal sigue las mismas pautas indicadas con continuos altibajos en los diferentes meses. Ahora bien, llama la atención que si bien no se registran cambios en el régimen estacional, se aprecia una clara disminución de los caudales al incluir las décadas más recientes y considerar todo el periodo con datos.

En el periodo que abarca exclusivamente desde los noventa hasta la actualidad, si que se aprecian variaciones significativas en el régimen estacional de los caudales. Disminuye la cantidad de fluctuaciones y se vislumbra claramente el periodo de máximo caudal durante los meses de primavera y un prolongado periodo de aguas bajas entre verano e invierno, con un pequeño incremento de los caudales en octubre.

Que la variación estacional del caudal del río Mijares haya cambiado tanto desde el periodo 1946/47-1974/75 hasta la actualidad nos puede sugerir principalmente tres cosas: que el río se haya visto muy modificado por parte de un agente externo, que el río haya modificado su caudal de manera natural debido a cambios ambientales (menos precipitaciones y reforestación de la cuenca) o que ambas hayan sucedido a la vez.

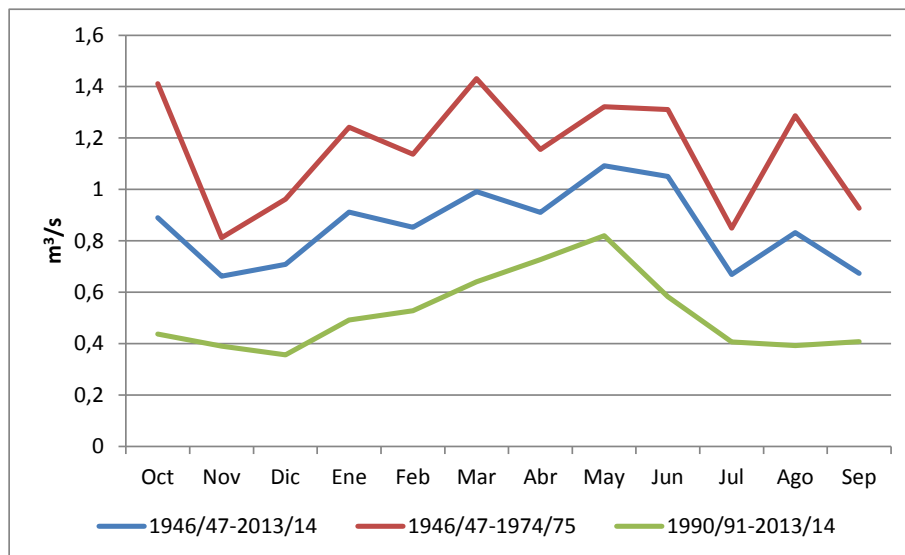


Fig.B.2.3. Gráfica de variación estacional durante tres periodos distintos. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

En cuanto al aforo de Arenós, como ya se ha comentado antes, sólo se han obtenido datos del periodo más reciente (1990/91-2014/15) y la gráfica de variación estacional se puede observar en la figura B.2.4. En ella vemos una disposición muy semejante a la que posee el aforo de El Terde durante el mismo periodo de tiempo y únicamente se observa un aumento promedio de éste. Aunque en estos dos puntos el río manifiesta un comportamiento similar, entre ellos hay un importante tramo del río que sufre importantes alteraciones de caudal, por la detracción de un muy elevado porcentaje del mismo para su derivación hacia la central hidroeléctrica de Los Cantos.

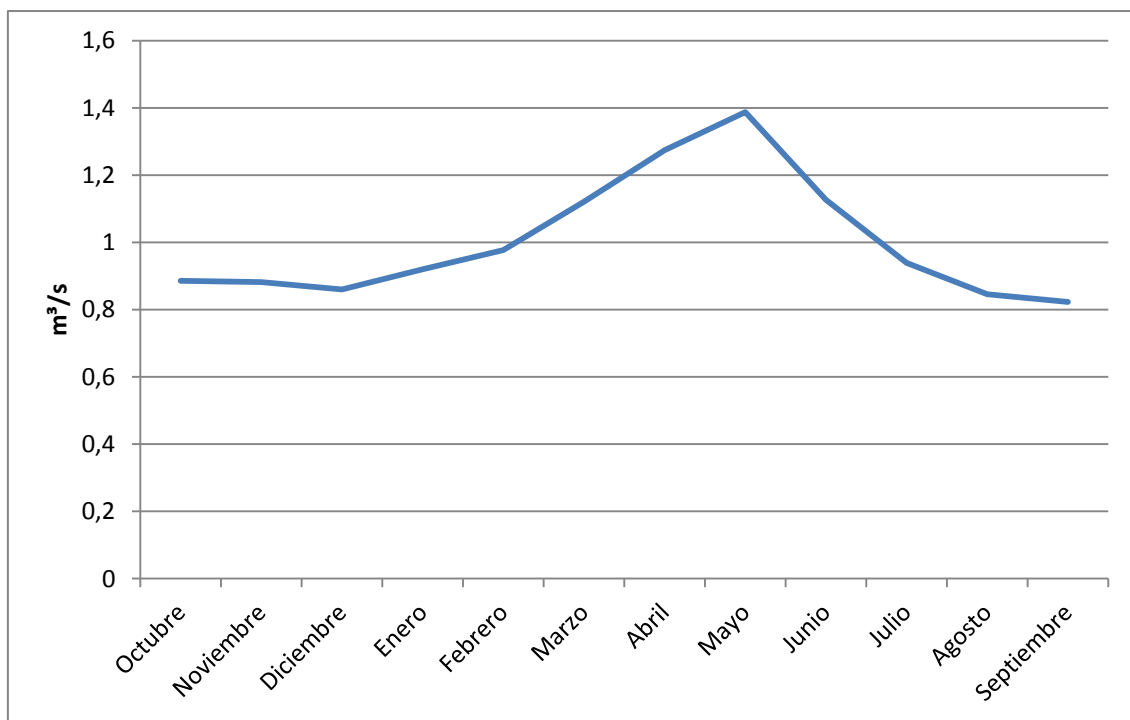


Fig.B.2.4. Gráfica de variación estacional entre 1990/91-2014/15. Aforo de Arenós. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

En definitiva, nos encontramos con un régimen fluvial de tipo pluvial mediterráneo, cuando consideramos todo el periodo con disponibilidad de datos en El Terde, pero que se simplifica, durante las últimas décadas y pierde parte de ese carácter propio de la zona, al reducirse significativamente sus oscilaciones.

B.2.2. Eventos extremos

- Crecidas:

Conocemos las crecidas como aumentos repentinos y muy acentuados del caudal de un río. Existen varios criterios para establecer el umbral de crecida pero en este caso del río Mijares, dada su baja caudalosisidad, se ha decidido poner en resalte aquellos momentos en los que el caudal del río ha visto multiplicado su módulo por, al menos, tres veces. Al mismo tiempo, para valorar la incidencia de crecidas de diferentes rangos, se han analizado las ocasiones en las que el río multiplica su módulo en cinco, diez y veinticinco veces.

Para ello se ha partido de los datos del caudal máximo instantáneo mensual de los aforos de El Terde y de Arenós. Este caudal máximo instantáneo mensual es un dato que generalmente dura un sólo segundo y que coincide con la punta de caudal de una crecida. Estos caudales máximos instantáneos nos dejan constancia de valores significativamente altos registrados por el río Mijares. Así, por ejemplo, los 650 m³/s de agosto de 1968 en El Terde.

Para ambos aforos se han elaborado unas gráficas que se pueden visualizar en las figuras B.2.5 y B.2.6 y en las que se observa el reparto mensual de las crecidas durante los periodos de referencia de los que se han obtenido datos. Se han elaborado de tal forma que se pueden apreciar el número de veces que en los periodos de tiempo concretos el caudal del río ha superado al módulo en tres, cinco, diez y veinticinco veces.

Este reparto sirve para ver en qué meses es más probable que haya una crecida con periodos de retorno determinados.

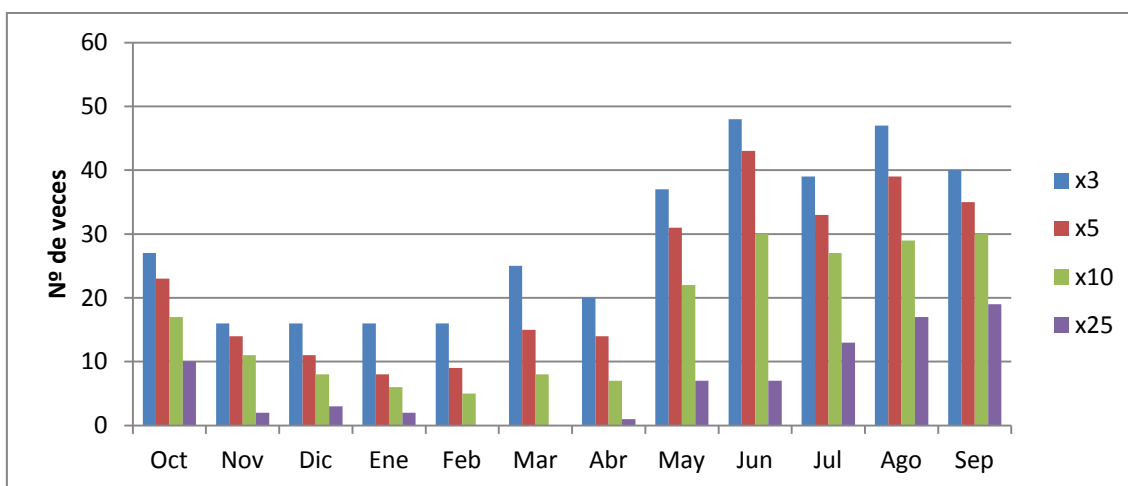


Fig.B.2.5. Reparto mensual de las crecidas en el periodo 1946/47-2014/15. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

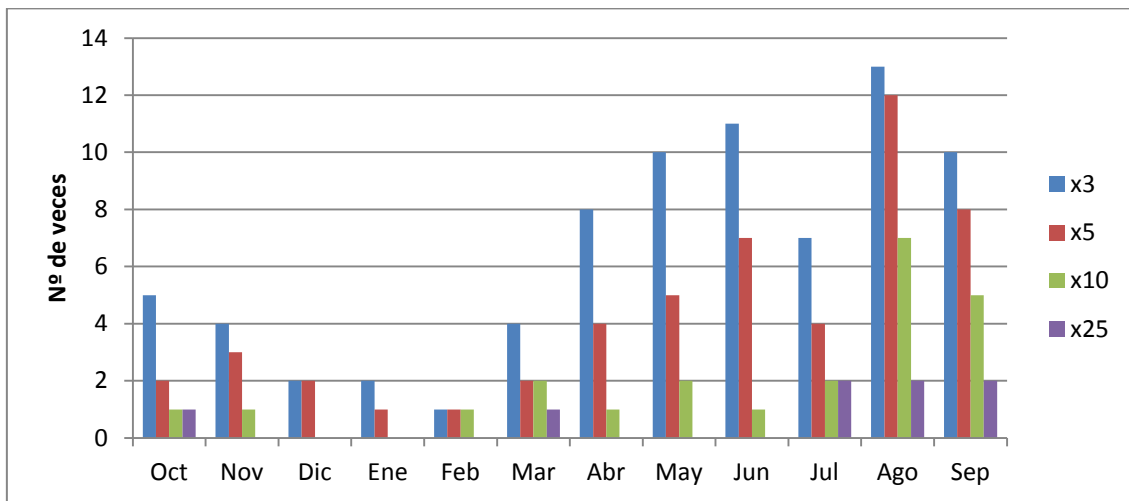


Fig.B.2.6. Reparto mensual de las crecidas en el periodo 1990/91-2014/15. Aforo de Arenós. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

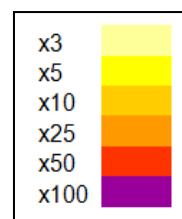
Al comparar los repartos en ambos aforos, en primer término se puede observar que las crecidas se suelen localizar en los meses de primavera-verano mientras que en invierno apenas ha habido eventos de crecidas. Esta distribución indica que va a ser mucho más probable que suceda una crecida entre primavera y verano, por tanto, es en ese periodo donde puede manifestarse el riesgo de inundación.

Tabla B.2.1. Caudal máximo instantáneo mensual en el periodo 1990/91-2014/15. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

	1945-1946	1946-1947	1947-1948	1948-1949	1949-1950	1950-1951	1951-1952	1952-1953	1953-1954	1954-1955	1955-1956	1956-1957	1957-1958	1958-1959	1959-1960	1960-1961	1961-1962	1962-1963	1963-1964	1964-1965	1965-1966	1967-1968	1968-1969	1969-1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981
O	-	0,64	8,32	26,36	-	22,44	21,58	0,64	1,24	1,43	0,67	1,43	339	0,53	2,04	3,56	1,23	34,19	1,42	1,09	-	17	0,71	21,53	14,8	7,75	5,36	16,6	0,67	1,68	4,69	10,52	1,19	10,86	0,46
N	-	1,12	0,76	1,6	-	1	12,72	0,76	1,12	0,48	0,58	1,19	1,33	0,71	3,85	2,56	2,49	8,37	0,94	0,81	-	16,3	63	7,66	0,38	1,34	10,6	0,58	0,49	0,46	1,05	0,67	0,52	2	0,77
D	-	1,12	0,82	2,05	-	22,44	22,44	0,76	23,3	0,85	1,92	1,38	1,14	1,74	4,99	3,48	2,49	4,56	3,56	10,15	3,02	1,23	39,66	1,92	1,76	4,94	1,4	0,67	0,4	0,94	18,4	2,2	0,49	0,77	0,49
E	-	0,7	2,8	0,7	-	3,52	11,96	0,52	1,12	0,58	1,04	2,04	2,19	1,67	16,78	3,48	1,38	3,71	2,04	2,63	26,61	1,04	1,98	17,85	1,83	2,66	1,09	0,85	0,35	0,63	6,5	1,05	0,49	0,67	0,52
F	-	11,2	2,95	2,8	-	8	11,2	1,12	1,6	1,23	0,94	2,78	1,49	1,33	11,22	3,4	0,9	7,39	2,04	1,43	4,71	1,19	-	2,19	0,72	4,22	0,91	0,67	0,35	2,91	3,28	2,2	0,67	4,69	0,46
M	-	13,1	2,8	0,82	-	11,2	10,56	0,7	19	0,85	5,53	3,56	3,56	4,71	7,66	1,42	1,04	2,78	1,55	4,28	1,43	2,63	-	1,49	0,81	10,9	0,85	5,51	0,46	0,78	1,5	4,35	0,64	0,91	0,46
A	-	3,52	34,2	2,05	-	19	19,86	0,82	1,9	0,67	5,53	1,43	4,99	1,43	3,56	0,94	1,14	10,15	1,43	3,25	1,33	1,92	-	1,33	2,38	2,57	2,2	15,1	0,59	4,91	1,8	1,33	0,84	0,84	0,61
My	-	4,78	5,48	5,2	-	15	41	0,64	34,2	23,22	31,58	4,99	2,19	12,13	1,14	0,94	36,93	1,74	2,78	1,8	8,73	0,94	11,22	0,62	23,9	14,5	4,11	6,58	9,48	13,6	19,96	5,72	0,61	2,51	0,61
J	-	1,24	6,6	48,5	-	11,2	15	3,94	3,1	84,45	11,22	20,96	2,12	3,99	15,32	0,76	13,95	11,67	11,22	1,98	12,13	7,66	4,7	1,8	6,02	8,25	19,4	8,5	10,3	10	7,28	4,35	33	6,76	2,2
Jl	1,9	141,8	5,2	53,48	-	9,92	48,5	13,48	34,2	233,8	3,41	3,56	1,49	18,37	1,43	18,88	2,94	32,2	1,19	0,58	0,76	108,2	13,5	4,7	4,79	23	78,25	3,23	0,59	19,8	17,88	0,67	9,16	4,01	0,4
Ag	22,44	139,2	11,2	50,16	-	50,16	19	2,8	1	45,45	62,6	15,78	2,56	6,59	7,66	20,95	24,35	3,99	2,63	0,38	45,45	650	-	3,85	3,03	5,51	15,7	6,95	5,68	15,4	3,5	6,5	0,52	0,52	122
S	0,76	77,6	41	56,8	-	38,28	1,6	1	1,48	29,09	71,11	7,66	17,85	20,96	1,09	19,4	71,11	33,5	2,78	0,48	127,8	1,39	-	2,04	11,8	19,8	16,9	24,35	7,92	3,29	16,84	0,52	27	0,55	25,8

	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
O	0,43	35,72	0,38	0,91	0,32	10,86	34,36	8,82	6,24	23,4	0,91	1,29	-	4,2	0,17	0,29	0,75	0,22	0,53	60	0,67	0,66	3,53	1,06	0,29	0,32	0,39	2,62	2,11	1,25	0,25	4,81	0,28	0,25
N	0,38	46,8	13,96	17,88	0,32	1,12	9,84	113,1	10,52	1,9	1,19	0,32	-	1,29	0,2	0,39	0,51	0,17	0,48	1	0,63	0,36	1,97	0,54	2,92	0,15	0,22	6	0,29	0,54	1,44	8,78	0,34	17,74
D	0,38	0,7	0,64	0,64	0,32	0,58	12,12	0,77	12,12	1,4	1,26	0,46	-	0,46	0,23	1,11	2,84	0,24	0,46	0,67	0,29	0,85	0,8	0,46	0,32	0,15	0,85	0,54	3,08	0,54	0,35	0,5	0,31	11,69
E	0,38	0,64	0,55	0,67	0,32	3,17	27	0,58	5,2	0,98	0,64	0,43	-	0,36	2,54	19,88	1,69	0,25	0,81	1,06	0,32	0,8	0,8	0,54	1	0,17	0,35	1	2,35	0,43	0,35	0,58	0,31	4,2
F	0,91	0,58	0,52	0,67	0,91	8,82	1,6	0,3	1,9	1,05	0,64	0,5	-	0,26	1,29	1,91	2,43	0,28	0,29	1,29	0,36	9,2	1,86	0,5	0,5	0,22	0,5	2,42	1,59	0,39	0,39	0,98	0,67	2,42
M	0,49	1,12	0,52	0,84	0,61	2,73	0,98	15,34	4,52	9,16	0,64	0,9	-	0,23	0,63	0,9	0,84	0,98	0,23	1,06	0,29	2,6	6,75	0,54	1,79	0,29	0,43	1,49	2,62	1,69	0,39	3,62	0,98	16,42
A	0,64	0,4	1,8	0,67	0,52	0,98	13,96	1,19	1,12	7,8	0,61	1,51	-	0,23	0,54	2,09	0,63	0,73	0,63	0,63	5	9,9	2,37	0,54	0,62	5,47	0,25	2	6,59	0,58	0,8	4,2	0,42	2,78
My	0,49	0,38	13,5	0,61	11,2	0,52	24	13,96	0,7	2	0,58	1,86	-	0,71	8,15	15,94	0,93	0,97	9,17	1,4	3	14,25	3,13	0,35	1,1	4,41	5,47	1	3	17,96	0,32	12,41	0,31	2,65
J	18,4	9,5	2	4,86	140,5	0,46	240,5	16,32	27	5,72	7,02	0,46	-	4,47	0,63	19,88	3,4	45,71	8,85	0,32	0,39	4,73	2,6	0,32	12	16,89	2,42	0,5	9,84	1,64	0,29	12,79	9,37	14,34
Jl	1,33	11,2	0,55	5,72	120	120	8,48	8,48	2	14,88	0,58	9,2	-	0,5	0,32	17,63	0,37	15,6	0,59	0,36	13,69	1,74	0,71	1	0,43	0,39	1	2,42	3,17	0,39	0,17	12,41	299	139,8
Ag	5,72	142,6	5,2	6,5	0,3	0,55	7,54	149	17,88	1,12	71,6	0,36	22,13	297,2	75,96	10,95	3,93	50,21	0,36	0,23	24,94	17,63	1,86	0,29	0,2	13,39	0,9	300	3,46	0,25	0,15	0,72	16,86	12,79
S	0,38	0,4	0,43	0,4	66,68	14,42	0,64	246,3	3,5	30,6	2,3	52,11	2,94	-	8,15	38,68	2,17	251,4	0,19	8,85	1,74	6,05	5	0,29	341,7	0,22	4,09	1,79	2,35	0,29	0,2	2,65	15,57	13,55

La tabla B.2.1 evidencia lo que se acaba de comentar y, además permite apreciar que las crecidas de mayor magnitud también se producen prioritariamente en ese periodo, aunque no exclusivamente, ya que también se ha registrado alguna de gran magnitud en otoño. Esta tabla, además, permite observar una disminución del número de eventos de crecida durante las últimas décadas, si bien se siguen registrando episodios de gran magnitud (caudal punta multiplicando por 50 o 100 veces el módulo)



Para finalizar el estudio de las crecidas en el río Mijares se han elaborado unos hidrogramas de crecida de eventos que ocurrieron en distintos años para poder ver cómo suelen evolucionar las crecidas en los tramos de los aforos de El Terde y de Arenós.

En el primer hidrograma (figura B.2.7) se observan los datos de caudal medio diario durante el mes de octubre del año 1957. Este fue un evento de crecida extraordinaria en el que el caudal máximo instantáneo superó al valor del módulo en más de 300 veces.

En el hidrograma se puede ver que la punta de caudal se alcanza en apenas dos días desde el inicio del incremento de caudal. También la curva de descenso es inicialmente muy rápida, mientras que la curva de agotamiento se alarga durante unos cuantos días en los cuales el caudal aún se encuentra bastante por encima del módulo.

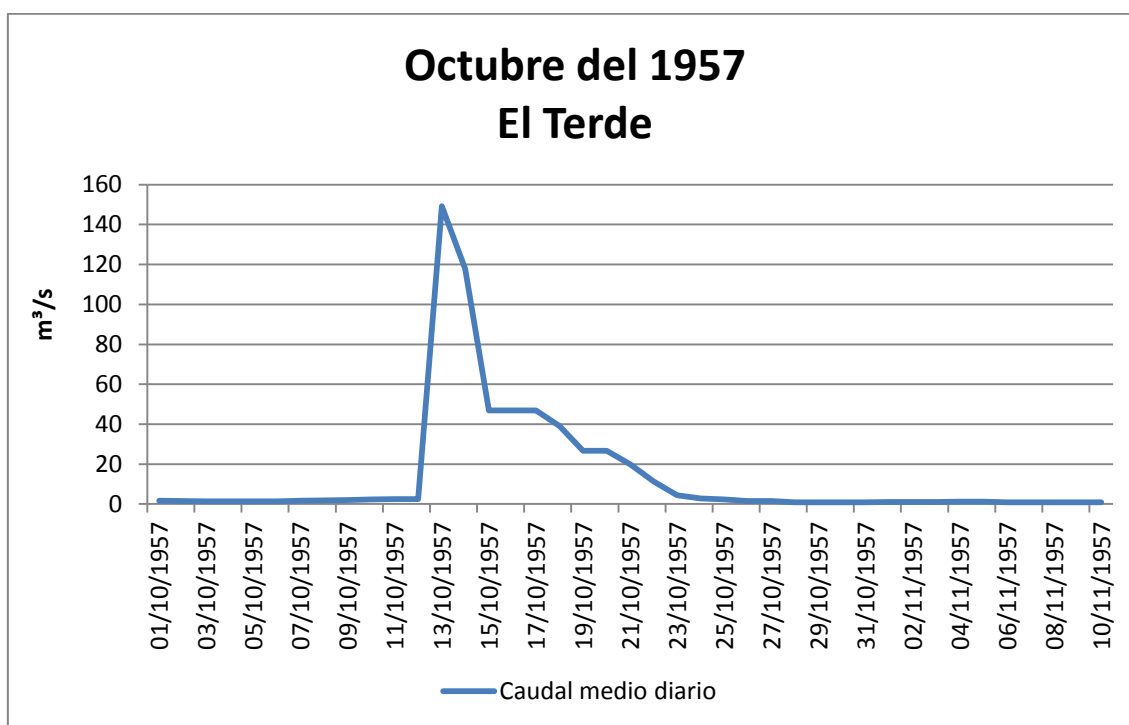


Fig.B.2.7. Hidrograma de crecida de octubre de 1957. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Para los siguientes hidrogramas se ha realizado una comparación entre los aforos de El Terde y de Arenós para poder visualizar cómo evoluciona una crecida entre esos dos aforos.

La siguiente figura (figura B.2.8) muestra el evento de crecida sucedido en agosto del año 2009, en el cual el caudal máximo instantáneo volvió a superar en más de 300 veces al módulo en El Terde y en más de 25 en Arenós.

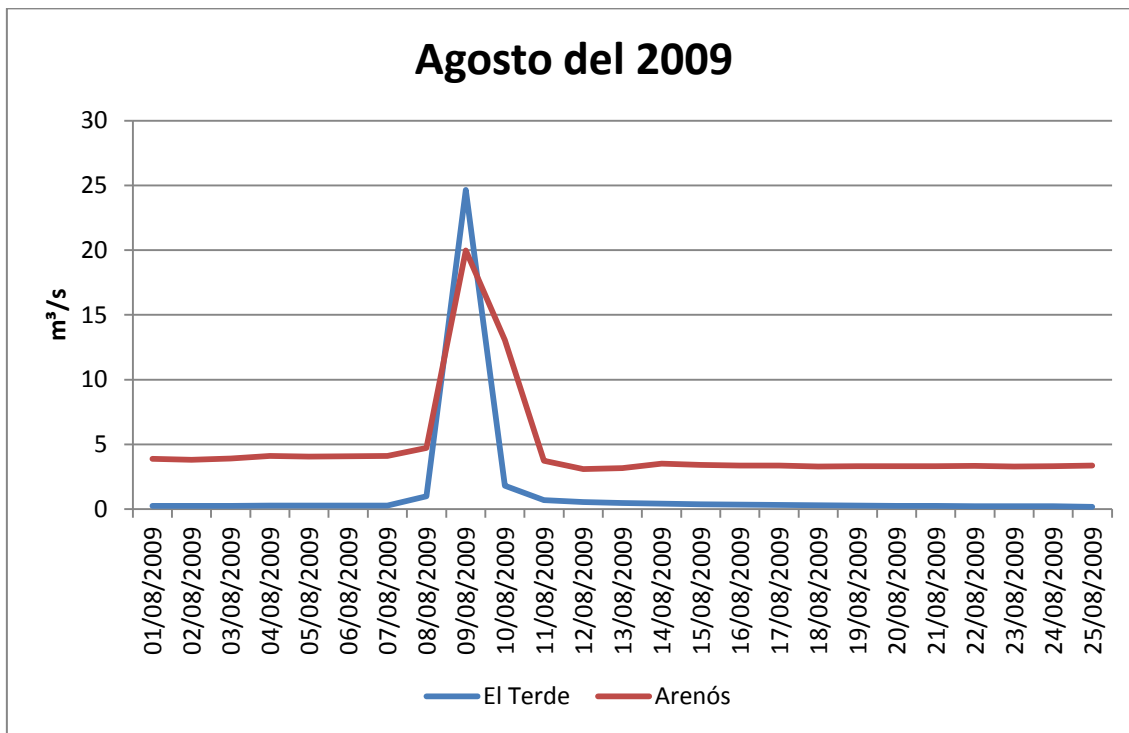


Fig.B.2.8. Hidrograma de crecida de agosto de 2009. Aforos de El Terde y Arenós. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Se observa que la punta de caudal ocurre el mismo día en ambos lugares aunque con menor caudal en Arenós. Esto parece indicar, por un lado que el caudal de la crecida proviene esencialmente de la cabecera del Mijares, sin que el Albentosa haga aportaciones relevantes y, por otro lado, que el embalse de Los Toranes se quede con una parte de las aportaciones disminuyendo las que llegan a Arenós. También se ve que, al contrario de lo que sucedió en el evento de octubre del año 1957, el tiempo entre que comienza la crecida hasta que se acaba la curva de agotamiento es muy corto en ambos aforos.

Por último, a continuación se muestran los hidrogramas del evento de julio del año 2014 en la figura B.2.9.

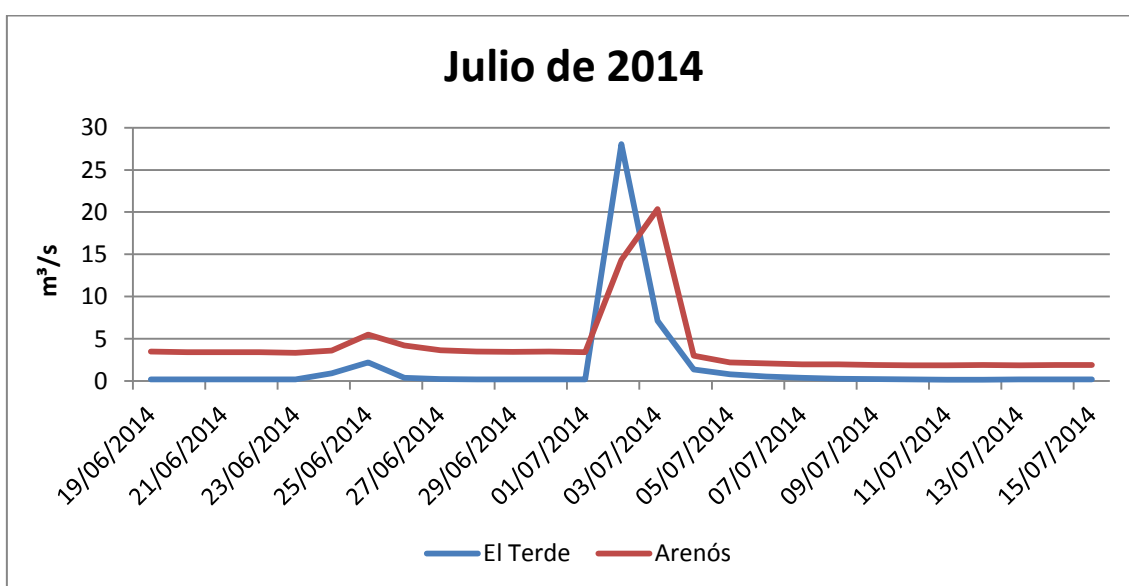


Fig.B.2.9. Hidrograma de crecida de julio de 2014. Aforos de El Terde y Arenós. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Al igual que en el evento de agosto del 2009, en el aforo de Arenós el caudal ha descendido varios litros por segundo aunque la punta de caudal ocurre un día más tarde que en El Terde. También, se observa que el tiempo que tarda el caudal en volver a su módulo es de aproximadamente 4 días aunque, en ambos eventos, en El Terde este tiempo se acorta casi un día entero.

En general, se puede señalar que las crecidas del Mijares están asociadas a precipitaciones de gran intensidad y evolucionan de forma muy rápida, pasando muy poco tiempo antes de alcanzar el pico y retornando los niveles a sus bajos valores habituales en pocos días e incluso solamente algunas horas.

- Estiajes:

Opuesto al fenómeno extremo de las crecidas se encuentra el de los estiajes. Estos se asocian a periodos sin precipitaciones, o con escasez de ellas, generalmente acompañados de temperaturas altas y, por tanto, fuerte evaporación. Como consecuencia directa de esta situación climática, el caudal de los ríos disminuye significativamente hasta alcanzar valores muy bajos o incluso provocar la desaparición temporal del caudal en algún tramo de los ríos.

Aunque existen diferentes alternativas para establecer el umbral de estiaje, se ha optado aquí por fijarlo en la mitad del caudal medio mensual más bajo. La razón está en que dados los escasos caudales que habitualmente presenta el río Mijares, si se establece el umbral, como es más tradicional, en la mitad del módulo, la presencia de estiajes en el río estaría sobreestimada.

Con este criterio, el umbral de estiaje del río Mijares en El Terde queda fijado en 0,33 m³/s, la mitad del valor medio mensual más bajo (0,665 m³/s) correspondiente a noviembre. Para determinar la importancia de estos estiajes se ha establecido el número de días cuyo caudal medio queda por debajo del umbral de estiaje. Y, además, para ver su distribución a lo largo del año, se ha considerado su reparto mensual. Este queda recogido en la figura B.2.10.

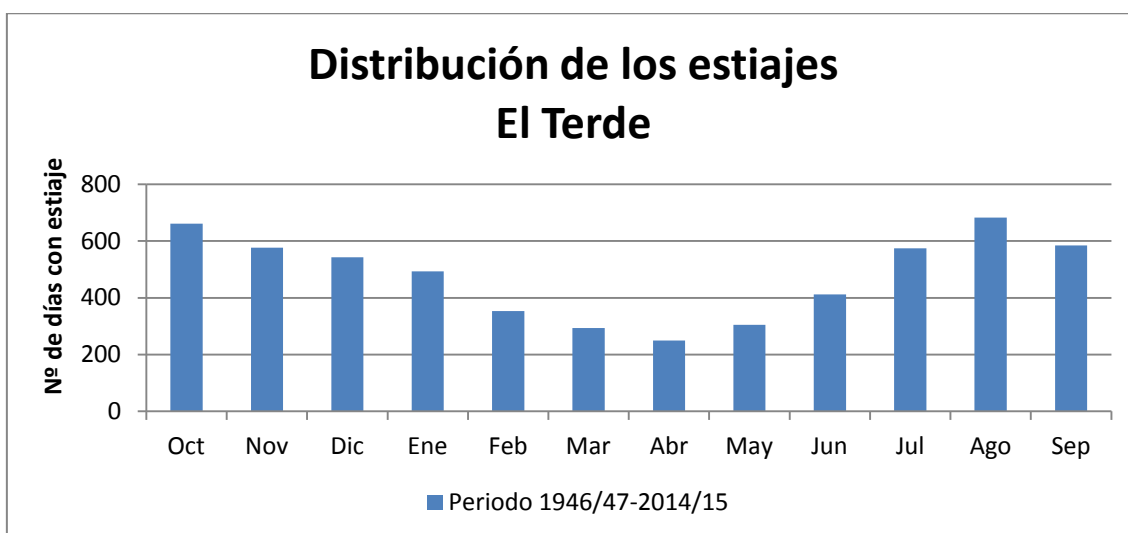
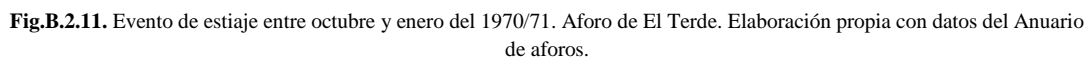


Fig.B.2.10. Distribución mensual de los estiajes. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Los rasgos más destacados de estos estiajes son su gran frecuencia, ya que son muchos los días con caudales medios por debajo del umbral, y su presencia durante todo el año, aunque con desigual intensidad. Así, es en los meses de verano y de otoño, cuando los estiajes adquieren

Por último, para finalizar con el estudio de los estiajes en el tramo alto del río Mijares se han elaborado, al igual que con los eventos de crecidas, unos hidrogramas que muestran ejemplos de eventos de estiaje en el Mijares para así visualizar cómo evolucionan y cuánto suelen durar dichos eventos.



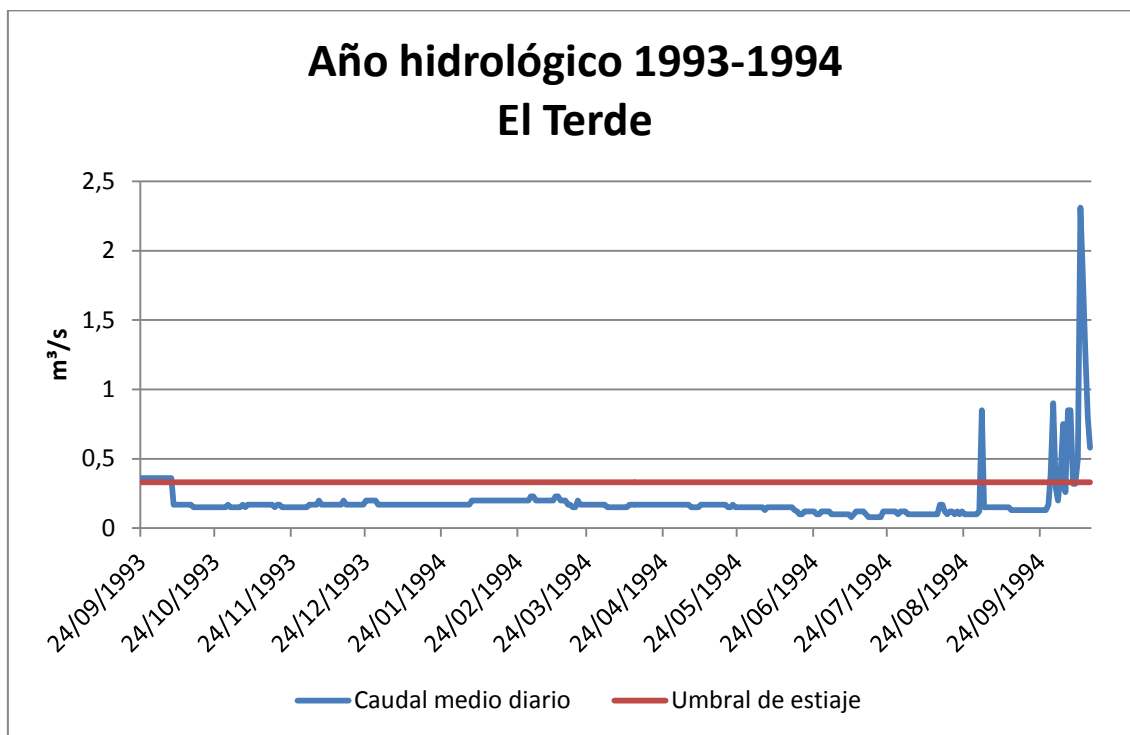


Fig.B.2.12. Evento de estiaje durante el año 1993/94. Aforo de El Terde. Elaboración propia con datos del Anuario de aforos.

Tal y como se ha comentado anteriormente, y con ayuda de las dos figuras anteriores, se puede reafirmar que los eventos de estiaje en este tramo del río Mijares son bastante duraderos, de varios meses de promedio y algunas veces pueden durar años enteros como en el caso de la figura B.2.12.

B.2.3. Inundabilidad y riesgos

Para el estudio de la inundabilidad en la cuenca del río Mijares se han obtenido del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) las láminas de inundación de diferentes periodos de retorno: 10, 50 y 500 años. Dado que las inundaciones con un periodo de retorno de 10 años son las que tienen mayor probabilidad de ocurrencia se las ha comparado con las de los otros dos periodos de retorno analizados.

Las láminas de inundación que posee el SNCZI del periodo de retorno de 10 años no cubren por completo la totalidad de la cuenca del río Mijares y a lo largo del propio río sólo se ha cartografiado dos zonas concretas. Esto puede ser debido a diferentes posibles causas como la falta de información hidrológica por parte de la entidad o porque se haya considerado que una inundación de ese calibre no va a desbordar en todo el trazado del río ya que los diversos azudes y presas mantendrían la laminación aguas arriba.

Por ese motivo en la cartografía que se puede visualizar en la figura B.2.13 sólo se han podido incluir esas dos mencionadas zonas del periodo de retorno de 10 años las cuales comprenden el área de la confluencia del río Albentosa con el río Mijares y el área de la localidad de Olba. Tal y como se puede observar en la cartografía, también se han incluido las láminas de inundación de los periodos de retorno de 50 y de 500 años para poder realizar una comparación directa entre dichos periodos de retorno con el de 10 años.

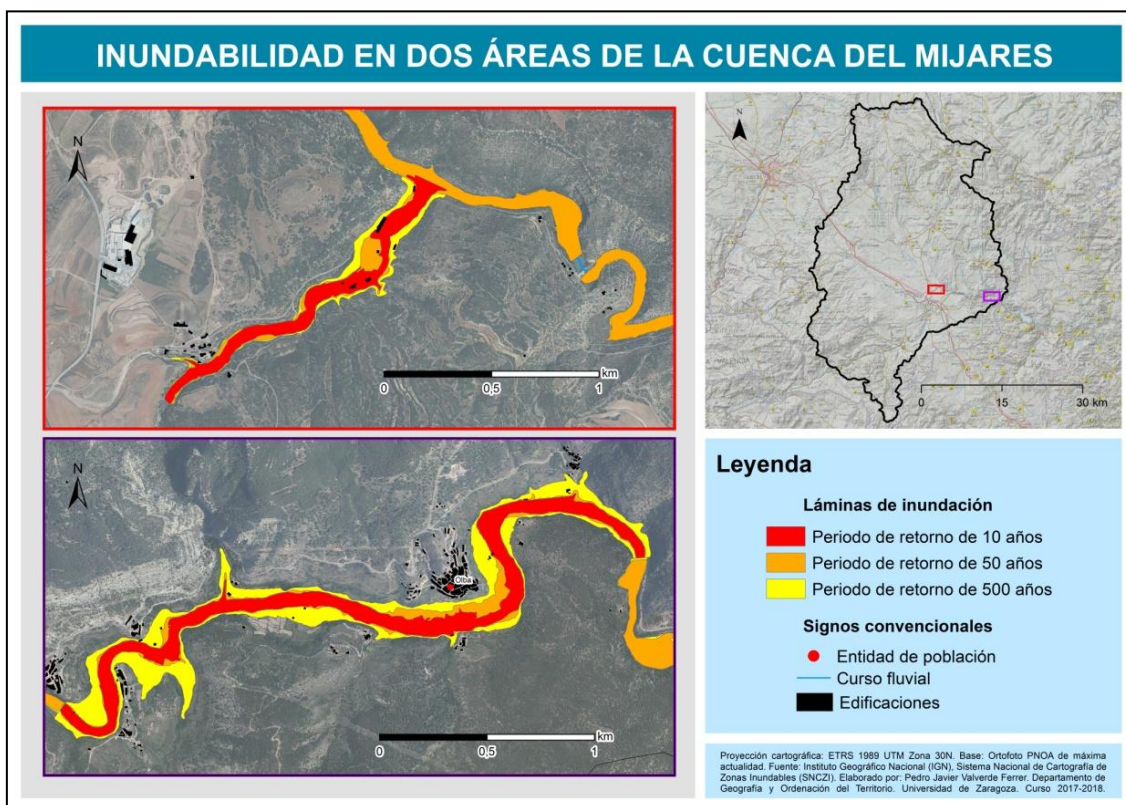


Fig.B.2.13. Mapa de inundabilidad en la zona de la confluencia del río Albentosa con el Mijares y en la zona de Olba con periodos de retorno de 10, 50 y 500 años.

En la primera de las dos zonas la lámina del periodo de retorno de 10 años llega justo hasta la desembocadura del Albentosa. Es en ese punto donde el río, escasos metros antes de derivar sus aguas al Mijares, tiene instalado un azud que embalsa y regula el curso del agua. En este caso es posible que una inundación con un periodo de retorno de 10 años o menos se quedara aguas arriba laminando sólo en las áreas marcadas en rojo en el mapa. Algo similar sucede con las inundaciones con periodos de retorno de más de 50 años las cuales, además de ocupar prácticamente la misma área debido a la anchura del valle en este tramo, quedan embalsadas aguas arriba de la presa del embalse de Los Toranes y sólo unos pocos metros después volvería a haber inundación.

En esta zona del río Albentosa se sitúan el restaurante "La Escaleruela" y la piscifactoría de esturión de Sarrión. Dichas edificaciones, como se puede observar en la cartografía, quedan inundadas con una periodicidad de 10 años por lo que ambos sitios, especialmente el restaurante, están sometidos a un riesgo elevado por inundaciones ante eventos de crecida extraordinarios suponiendo la pérdida de bienes materiales y económicos y, en última instancia y más debido a la imprudencia, posibles pérdidas humanas. De todos modos, para el caso de la piscifactoría ya estará previsto que se pueda inundar con bastante frecuencia por lo que, en principio, las posibles pérdidas serían mínimas.

En la segunda zona, a lo largo de los barrios que conforman Olba se encuentran varias edificaciones que se sitúan dentro de las áreas previstas a que se inunden para los distintos periodos de retorno. Ni qué decir tiene que en el caso de un evento de crecida durante el cual el río desbordase e inundase las áreas marcadas en la cartografía éste sería casi completamente infranqueable por los vados o pequeños puentes que hay por la zona hasta que las aguas estuvieran bastante más bajas y, de ser posible el paso a través, sería absolutamente desaconsejable no sólo por el riesgo de ahogo si no por el riesgo a ser golpeado y arrastrado por

la gran cantidad de materiales que lleva un río en un estado tal. En la figura B.2.14 se observa un vado en Los Ramones que en una crecida el agua pasaría por encima y haría muy complicado o imposible el paso de una orilla a otra.



Fig.B.2.14. Fotografía de un vado en Los Ramones que sería intransitable en el caso de una crecida del río Mijares.

En las siguientes imágenes de la figura B.2.15 se ha acercado la vista y se pueden apreciar algunas de las edificaciones mencionadas que en crecidas de diferente periodo de retorno quedarían inundadas, así como otras infraestructuras y bastantes campos de cultivos que están situados a escasos metros del cauce fluvial. Como ya se ha mencionado, dichas edificaciones están actualmente en riesgo por inundación y las personas que se encontraran dentro en el caso de un evento de crecida suficiente se verían perjudicadas de una manera u otra.

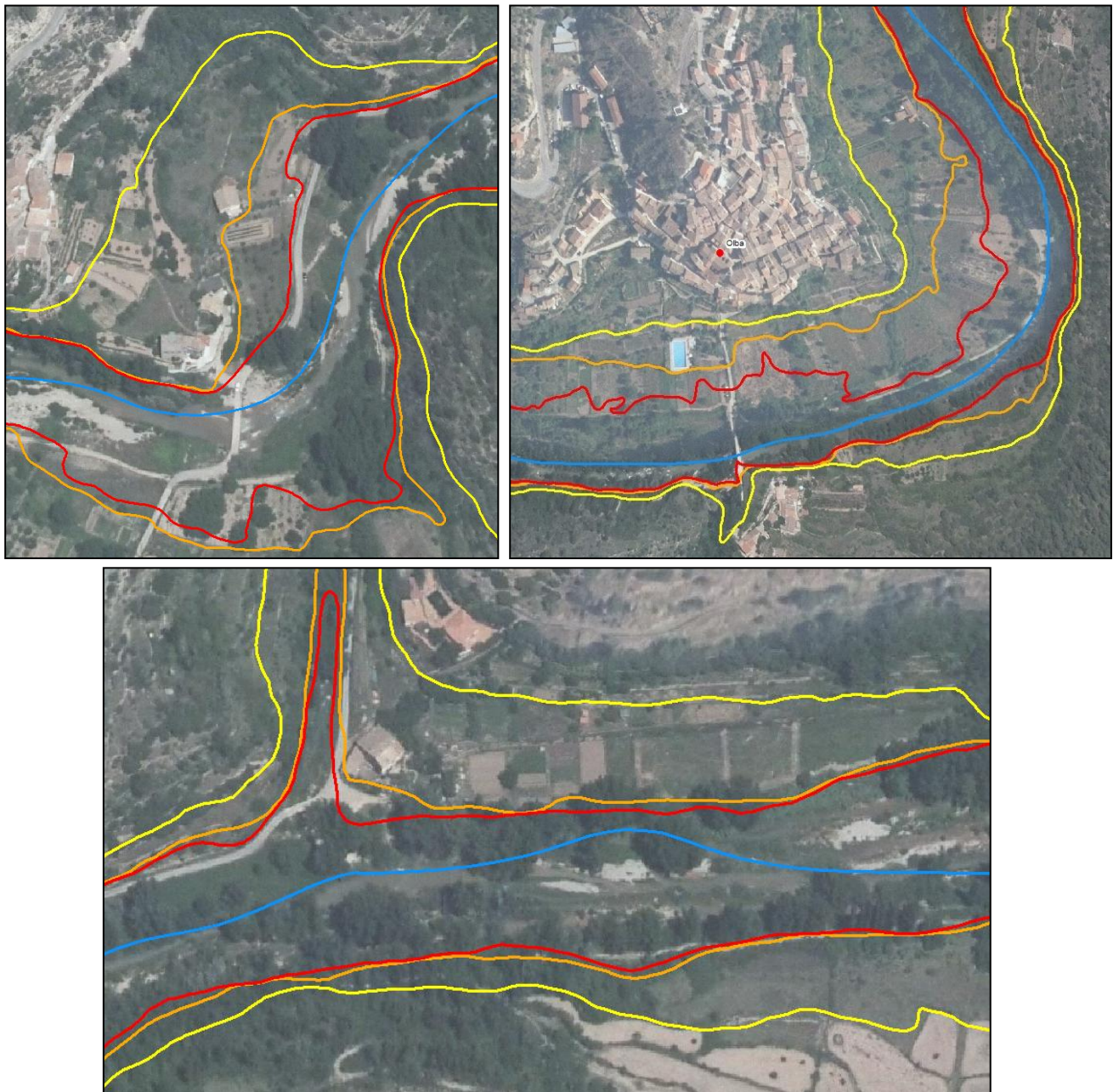


Fig.B.2.15. Ortofotos de zonas puntuales de Olba donde se observan edificaciones, infraestructuras y campos de cultivo que serían inundados en diferentes periodos de retorno.

Como se ha visto en los apartados anteriores, el río Mijares tiene un carácter bastante irregular ya sea entre las distintas épocas del año como entre años secos y húmedos. Esto, entre otras cosas, provoca que los eventos de crecida que puede haber sean catalogados como "crecidas relámpago" o *flashflood*. Este tipo de crecidas, como su propio nombre indica, se caracterizan por tener un aumento y una disminución muy rápido del caudal pudiendo ocurrir entre unas pocas horas a escasos días. Ejemplos de estas crecidas relámpago se han visto en el apartado anterior con dos casos de los años 2009 y 2014 (ver figuras B.2.8 y B.2.9). En estos casos, debido a la rapidez con la que sucede el evento, la capacidad de previsión es muy escasa y el aviso a la población puede llegar tarde por lo que la capacidad de respuesta ante una inundación provocada por estas crecidas es casi nula a no ser que exista unas buenas medidas previas de prevención eficaces ante estos sucesos que logren minimizar el riesgo por inundaciones.

Además, las crecidas pueden favorecer a que sucedan distintos tipos de movimientos de laderas como desprendimientos por descalce o deslizamientos por humectación que son peligrosos para la población. El primero de ellos es provocado cuando el agua de un río, en este caso, genera una erosión basal en un escarpe o una ladera de gran pendiente. En una crecida, el agua del río circula a gran velocidad además de que arrastra bastantes materiales diferentes y la suma de todo provoca una gran erosión en áreas de una ladera que normalmente no sufrirían tal desgaste. El segundo tipo de movimiento de laderas mencionado se produce directamente por filtraciones de agua entre los poros del suelo o entre las grietas o fisuras existentes en la roca. El agua al filtrarse en la roca puede acabar llegando a una zona donde el sustrato no sea permeable y tenga que circular entre dos capas sedimentarias, generando una lámina de agua que puede hacer un efecto parecido al *aquaplaning* pero con varios metros cúbicos de tierra y roca.

En el caso de la cuenca del río Mijares, la litología dominante del suelo no ayuda precisamente a que estos sucesos puedan evitarse pues el entorno presenta una gran abundancia de rocas calcáreas, las cuales se caracterizan por ser muy solubles y con gran capacidad de infiltración, facilitando que puedan provocarse eventos ligados a los movimientos de ladera mencionados.

También puede ocurrir que, si hay un movimiento de ladera en las cercanías de un río, éste puede verse afectado en el sentido que la masa de tierra y rocas interrumpa el curso fluvial, funcionando como presa, embalsando el agua y, por tanto, inundando las áreas adyacentes además de hacer que el río vea modificado su trazado al querer seguir el viaje a su desembocadura rodeando la zona que se haya desprendido. Por tanto, un sitio que no se haya visto inundado por una crecida puede verse inundado si después de ésta un movimiento de ladera tapona el cauce y empieza a funcionar como un embalse.

Precisamente en el entorno de Olba, en marzo del año 2017 hubo un desprendimiento de una parte de una de las laderas del valle en las cercanías de Los Pertegaces. Este desprendimiento taponó el río, cambiando su flujo levemente e inundando el terreno aguas arriba. A continuación se muestran varias imágenes de fotografías tomadas de dicho desprendimiento.



Fig.B.2.16. Fotografía de la zona del desprendimiento de Covarcha en Los Pertegaces ocurrido en marzo del 2017.

En las figuras B.2.16 y B.2.17 se puede observar la parte de la ladera que se vino abajo y el tipo de material que taponan el río desde ese día. Además, en la figura B.2.18. se ve claramente la zona por la que pasaba anteriormente el río y que ahora se encuentra embalsada y la zona por la que discurre a partir de entonces.



Fig.B.2.17. Fotografía del desprendimiento y de los materiales que taponan el río desde entonces.



Fig.B.2.18. Fotografía donde se observa por dónde discurría antes el río en donde ahora el puente que servía de paso es inaccesible y por donde discurre actualmente.



Fig.B.2.19. Fotografía del puente que ha quedado inaccesible por el embalsamiento del agua debido al desprendimiento.

B.3. Diagnóstico

B.3.1. Diferenciación de tramos

Para un estudio más detallado y facilitar la posterior aplicación de índices de valoración, se ha dividido el curso del río Mijares en 4 sectores que se pueden visualizar en la figura X.X. El primer tramo, el de la cabecera, no se ha podido analizar ya que no se ha podido estudiar de primera mano dicho tramo por lo que se ha decidido estudiar únicamente los otros tres y así evitar que la información y comentarios dados no fueran del todo correctos. En cambio, se han visitado, fotografiado y analizado exhaustivamente los otros tres tramos debido al previo conocimiento de diferentes problemáticas que se encontraban ahí a través de la información dada por personas residentes de la zona.

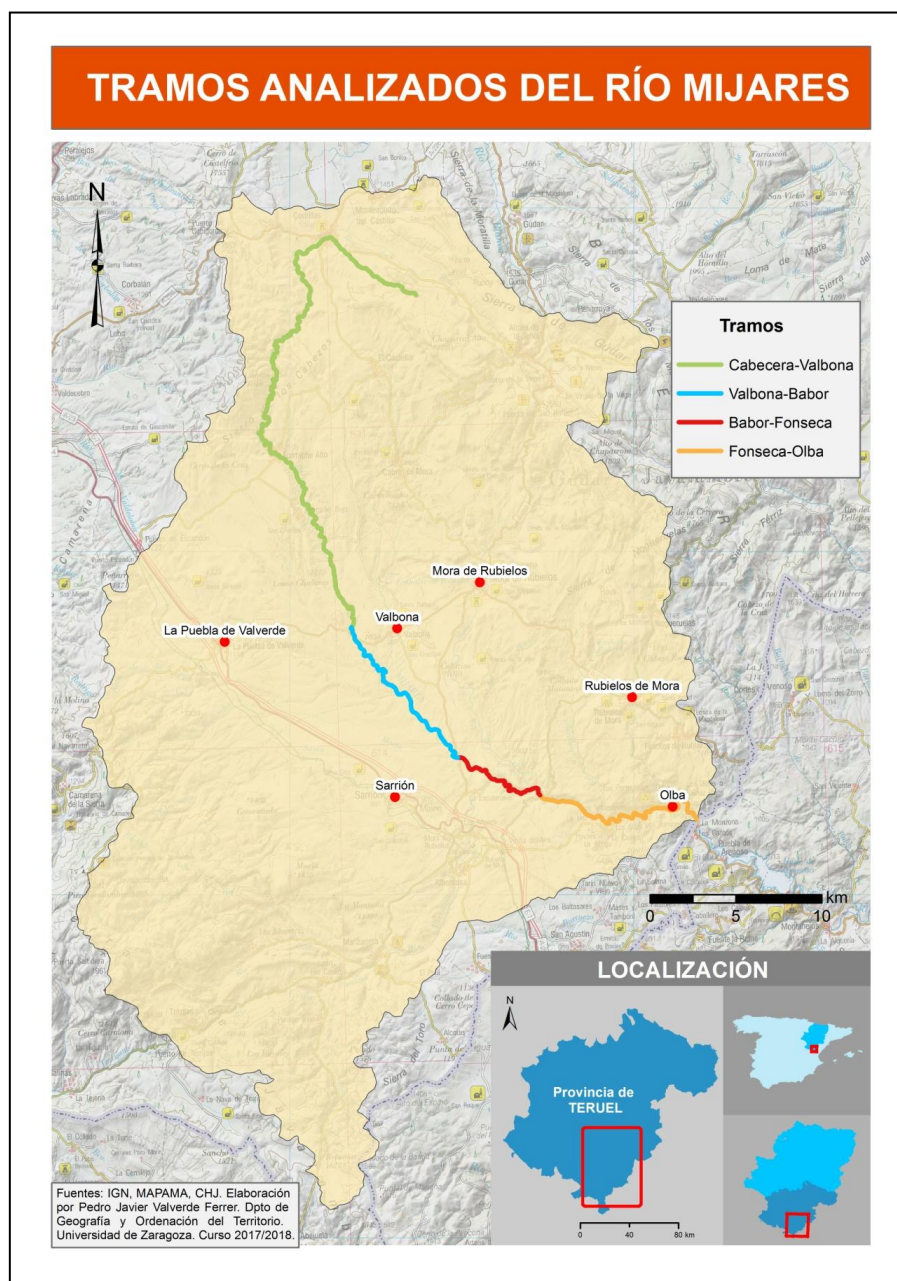


Fig.B.3.1. Tramos del río Mijares analizados.

B.3.2. Visión local de la problemática

En la comarca de Gúdar-Javalambre hay una gran preocupación e interés sobre el río Mijares y sobre las alteraciones que posee y las consecuencias negativas y problemas que pueden acarrear.

Específicamente en la localidad de Olba han surgido dos asociaciones (Mijares Vivo y El Mijares no se toca) en las que la gente vela por el río junto con el que crecieron. Por tanto, están buscando soluciones a todas las problemáticas que en los últimos años han ido observando. Algunos de esos problemas que se han ido mencionando en las conversaciones con la gente autóctona han sido principalmente la disminución de caudal y la disminución de fauna, tanto del bosque como fluvial.

Aunque en algunos casos se ha hablado de una posible contaminación de las aguas del río Mijares, esos dos problemas principales pueden deberse a factores naturales, como son el cambio climático o modificaciones naturales en el comportamiento fluvial y faunístico, o a factores antrópicos, como son la localización de infraestructuras que rompan la continuidad del río, no dejen paso a la fauna fluvial y ahuyenten a la fauna silvestre.

Por otro lado, desde la comarca surge una problemática puntual sobre una de las ramblas del entorno y que es afluente del Mijares. El problema con esta rambla, denominada como La Peñuela, es que en un punto por el que pasa la carretera TE-232, ésta es inundada en eventos de crecida extraordinarios. De todas formas, este caso será comentado más adelante, en el apartado B.5.1.

B.3.3. Mapa de obstáculos

En el apartado anterior se han mencionado que algunos factores antrópicos, como son las infraestructuras que rompen con la continuidad del curso fluvial, pueden ser la causa directa de los problemas encontrados en el río Mijares. De esta forma, se ha realizado una cartografía en la que se pueden observar de manera puntual la cantidad de obstáculos de carácter antrópico que han sido localizados a lo largo de los tramos analizados del río Mijares. Este inventario de obstáculos puede ser útil para aplicar índices que determinen el estado ecológico de un sistema fluvial, como es el caso del índice geomorfológico (IHG) que se va a aplicar en el siguiente apartado.

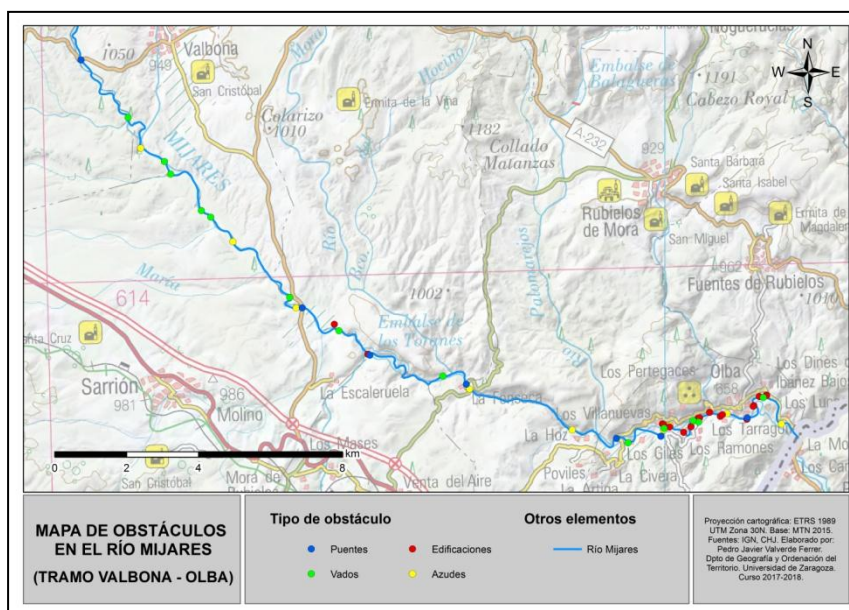


Fig.B.3.2. Mapa de obstáculos de carácter antrópico en el río Mijares (Valbona - Olba).

B.3.4. Aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG)

Para determinar el estado ecológico, poder definir medidas de restauración o rehabilitación, realizar una gestión sostenible del agua o realizar una correcta ordenación territorial del río Mijares se ha utilizado el índice hidrogeomorfológico (IHG), que es una herramienta de valoración de los indicadores hidromorfológicos para sí determinar qué estado ecológico tienen los sistemas fluviales y poder actuar en consonancia.

El IHG evalúa los diferentes tipos de presiones e impactos humanos, directos e indirectos, que afectan al sistema fluvial, ya que todos cuentan con una respuesta en el funcionamiento hidrogeomorfológico funcional del sistema, de los cauces y de las riberas.

Para aplicar el IHG se han de evaluar tres agrupaciones que son la calidad funcional del sistema fluvial, la calidad del cauce y la calidad de las riberas. Dentro de cada agrupación se evalúan tres parámetros distintos por lo que en total hay nueve parámetros a valorar y al principio todos tienen una puntuación de 10, valor que se va restando en función de los criterios establecidos para cada parámetro.

Dentro de la calidad funcional del sistema fluvial, que se basa en el funcionamiento del caudal hidrológico y sedimentario y el espacio inundable, el primer parámetro es la naturalidad del régimen de caudal y se ha de valorar si el río lleva la cantidad de agua que debería normalmente y presenta una estacionalidad natural o si, por el contrario, presenta modificaciones en el régimen hidrológico. A continuación se valora el parámetro de la disponibilidad y movilidad de los sedimentos donde hay que mirar si el río lleva todos los sedimentos que es capaz de transportar y si puede desarrollar dicha tarea. Por último, se valora la funcionalidad de la llanura de inundación, observándose si en dicha llanura existen obstáculos o usos del suelo que impiden que el río pueda desbordarse sin problemas.

En segundo lugar, para evaluar la calidad del cauce se han de valorar otros tres parámetros. El de la naturalidad del trazado y de la morfología en planta consiste en observar si el río tiene un trazado natural o si éste ha sido alterado antrópicamente. A continuación se valora la continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales analizando si el río posee o no barreras que rompan la continuidad o alteren el fondo del lecho tales como azudes, vados o puentes. Y para valorar la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral simplemente se ha de mirar si las orillas del río son naturales y si el cauce puede moverse lateralmente sin que esté canalizado o encauzado.

En cuanto a la calidad de las riberas lo primero a valorar es la continuidad longitudinal viendo si el corredor ribereño es continuo en ambas márgenes o si presenta algún tipo de discontinuidad. El segundo parámetro es la anchura del corredor ribereño, para el que se ha de observar si las riberas supervivientes conservan toda su anchura potencial sin que ésta haya sido reducida por actividades antrópicas. Para finalizar, se evalúa la estructura, naturalidad y conectividad transversal, valorando si las riberas tienen una buena estructura interna, naturalidad en sus especies vegetales y conexiones naturales con el cauce y entre todos los hábitats.

Todos esos parámetros comentados son los que se utilizan para aplicar el IHG en un río, en este caso, el río Mijares.

A continuación se muestran en tres tablas diferentes la valoración de cada uno de los tramos tras haber aplicado el IHG a todos ellos.

Tabla B.3.1. Valoración del tramo Valbona-Babor del río Mijares tras la aplicación del IHG.

TABLA DE VALORACIÓN. Caso de estudio: Río Mijares (tramo de Valbona-Babor)		
parámetro	explicación	puntos
Naturalidad del régimen de caudal	Debido al azud de Babor el caudal circulante se ve algo alterado aunque de manera no demasiado notoria (-4)	6
Disponibilidad y movilidad de sedimentos	El azud de Babor puede retener sedimentos aunque no en un gran porcentaje del tramo de la cuenca (-3). Se han encontrado indicios de extracciones y/o dragados de manera puntual (-2) y se han visto problemas con la movilidad de los sedimentos (cubrimiento por finos) (-1).	4
Funcionalidad de la llanura de inundación	La llanura de inundación casi no cuenta con defensas ante las crecidas y sólo son puntuales (-1) al igual que otros obstáculos como puentes o el azud mencionado (-1). Puntualmente hay alguna edificación que puede reducir la funcionalidad natural de la llanura de inundación (-1).	7
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA: 17 (MODERADA)		
Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	En el inicio del subtramo seco, junto a Mas de río Pilas, hay una intervención antrópica que altera el contacto entre subtramos (-2).	8
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	Hay tres azudes que embalsan menos de un 25% de la longitud del tramo (-2) y hay algún que otro puente y obstáculo (-1). También se han visto síntomas en los sedimentos de haber sido alterados (-2).	5
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	El cauce en este tramo sólo está canalizado en la zona del azud de Babor (-1) aunque hay algunos elementos no naturales en las márgenes (-1).	8
CALIDAD DEL CAUCE: 21 (BUENA)		
Continuidad longitudinal de las riberas	Las discontinuidades en las riberas, en caso de haber, sólo son puntuales (-1).	9
Anchura del corredor ribereño	Las riberas han conservado más del 80% de su anchura potencial pero han sufrido pérdidas (-2).	8
Estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor ribereño	En alguna zona hay alteraciones antrópicas en las riberas (-2) y puntualmente han entrado especies invasoras (-1).	7
CALIDAD DE LAS RIBERAS: 24 (BUENA)		
VALOR FINAL DE CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA: 62 (BUENA)		

Tabla B.3.2. Valoración del tramo Babor-Fonseca del río Mijares tras la aplicación del IHG.

TABLA DE VALORACIÓN. Caso de estudio: Río Mijares (tramo de Babor-Fonseca)		
parámetro	explicación	puntos
Naturalidad del régimen de caudal	En este tramo está el embalse y derivación de Los Toranes, que altera el caudal circulante en gran medida, aunque las modificaciones estacionales son poco marcadas (-6).	4
Disponibilidad y movilidad de sedimentos	La retención de sedimentos debido a las alteraciones humanas es elevada (-3). Hay extracciones de áridos y dragados (-3). En este tramo se han encontrado varios indicios de que hay dificultad en la movilidad de los sedimentos (acorazamiento, cubrimiento por finos y crecimiento de algas) (-2).	3
Funcionalidad de la llanura de inundación	No hay defensas o infraestructuras que restrinjan las crecidas a excepción del embalse de Los Toranes y algunos azudes (-2) aunque sí que hay obstáculos como edificios que pueden alterar los procesos hidrogeomorfológicos naturales (-1) y algún uso de suelo sobre-elevado pero de manera más puntual (-1).	6
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA: 13 (DEFICIENTE)		
Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	Hay un cambio significativo en la sedimentación de la desembocadura del Albentosa y como consecuencia del embalsamiento de Toranes (-3).	7
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	Presa del embalse de Los Toranes con más de 10 metros de alto sin <i>bypass</i> para sedimentos y que embalsa aproximadamente un 35 % del tramo (-4). También hay algún puente o vado pero de forma muy escasa (-1).	5
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	Existen infraestructuras de canalización en los márgenes como acequias o defensas pero a lo largo de menos de un 25 % de la longitud del tramo (-3) además de notables elementos artificiales en algunos márgenes del río en este tramo (-2). Se ha observado cierta alteración en la sedimentación en el punto de la desembocadura del Albentosa que puede haber sido producto de la actividad humana (-2).	3
CALIDAD DEL CAUCE: 15 (MODERADA)		
Continuidad longitudinal de las riberas	El corredor ribereño es continuo en, al menos, un 70 % de la longitud del tramo (-4).	6
Anchura del corredor ribereño	Las riberas conservan toda su anchura potencial con excepción de zonas puntuales donde alguna infraestructura la reduce ligeramente (-2).	8
Estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor ribereño	Hay alguna leve alteración de la estructura de las riberas (-1) pero hay varias infraestructuras lineales como caminos, acequias y carreteras que alteran la conectividad transversal (-3).	6
CALIDAD DE LAS RIBERAS: 20 (BUENA)		
VALOR FINAL DE CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA: 48 (MODERADA)		

Tabla B.3.3. Valoración del tramo Fonseca-Olba del río Mijares tras la aplicación del IHG.

TABLA DE VALORACIÓN. Caso de estudio: Río Mijares (tramo de Fonseca-Olba)		
parámetro	explicación	puntos
Naturalidad del régimen de caudal	Hay alteraciones en el régimen de caudal debido a la existencia de derivaciones y detracciones para centrales hidroeléctricas, existencia de vados y azudes y repoblaciones en la cuenca (-7).	3
Disponibilidad y movilidad de sedimentos	Hay existencia de alguna presa de poca entidad que no afecta a gran parte de la cuenca vertiente (-2). Extracciones y dragados puntuales (-2). Hay leves indicios de que hay dificultades en la movilidad de los sedimentos (-1).	5
Funcionalidad de la llanura de inundación	Hay alguna defensa puntual que restringe menos del 50 % de la anchura de la llanura de la inundación (-1) aunque sí que hay abundancia de obstáculos en dicha llanura como vados, acequias, edificios,... (-2). También se presentan algunos usos de suelo que reducen la funcionalidad natural pero no en gran cantidad (-2).	5
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA: 13 (DEFICIENTE)		
Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	El trazado del cauce se mantiene prácticamente natural aunque en algún tramo el río parece haberse ajustado o cambiado ligeramente dicho trazado (-1). Estas leves modificaciones son derivadas directamente por el efecto de infraestructuras como pequeños vados (-1).	8
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	En este tramo del río hay varios azudes y al menos una pequeña presa que pueden llegar a embalsar un porcentaje no demasiado elevado de la longitud del tramo (-3). Además, hay gran cantidad de vados alterando la continuidad longitudinal del cauce (-2) y de manera puntual se han visto alteraciones en los sedimentos del río (-1).	4
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	En este tramo el río Mijares no se encuentra canalizado salvo en zonas puntuales (-2). También hay algún elemento no natural que puede modificar la morfología de las márgenes cauce (-1).	7
CALIDAD DEL CAUCE: 19 (MODERADA)		
Continuidad longitudinal de las riberas	Riberas completamente continuas o con alguna muy pequeña discontinuidad (-2)	8
Anchura del corredor ribereño	En algunos sectores de este tramo la ribera queda estrechada debido a la existencia de campos de cultivo cercanos al río (-4).	6
Estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor ribereño	Hay alteraciones leves en la ribera que alteran su estructura aunque no en una gran extensión de la superficie del tramo (-2). La vegetación de ribera ha sido también alterada por especies invasoras/repoblación de manera significativa (-2). En el tramo la suma de los caminos, acequias o carreteras es bastante elevada (-3).	3
CALIDAD DE LAS RIBERAS: 17 (MODERADA)		
VALOR FINAL DE CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA: 49 (MODERADA)		

Tal y como se puede observar, en los tres tramos la calidad hidrogeomorfológica general no es mala e incluso en el tramo Valbona-Babor la calidad es buena con una puntuación de 62 sobre 90. En cambio, si se mira cada agrupación (puntuación máxima de 30 para cada una de las tres agrupaciones) por separado se ve que la calidad funcional del sistema es la más baja en todos los tramos del Mijares, siendo deficiente en dos de ellos. Por tanto, tomando estos resultados como ciertos, se puede asegurar que en el río Mijares el sistema fluvial, es decir, el motor de un río, no funciona correctamente y el comportamiento del caudal hidrológico y sedimentario no es natural y se habrían de tomar serias medidas para mejorar este funcionamiento.

Por otra parte, en general la calidad de las riberas es bastante elevada por lo que, en este caso, las medidas a tomar serían de protección de las mismas y de su puesta en valor, aunque habría que hacer un esfuerzo por eliminar cañas y retirar clones de chopo.



Fig.B.3.3. Ribera con discontinuidades y edificación en el borde del corredor ribereño (El Molinete).

B.4. Propuestas

B.4.1. Análisis DAFO

El análisis DAFO permite conocer la situación en la que se encuentran el sistema fluvial del río Mijares a partir de sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades).

Dado que el presente trabajo está enfocado únicamente en los sistemas fluviales sólo se va a analizar las características del sistema fluvial, no de otros elementos antrópicos que en un estudio de ordenación territorial serían necesarios tales como el estado de las carreteras.

Debilidades

- Las propias características climáticas y litológicas de la zona donde se encuentra el río Mijares ya son una debilidad en sí pues, debido a que las precipitaciones se suelen localizar en la cabecera del río donde dominan los afloramientos rocosos de mayor permeabilidad, de manera natural el curso medio del Mijares no transportará toda el agua que podría al menos en la superficie.
- Respecto a esa litología, puede favorecer los movimientos de ladera que pueden alcanzar el río generando bloqueos, inundaciones y cambios de trazado.
- Por otro lado, la gran presencia de multitud de obstáculos dentro del río como vados, azudes, puentes y presas modifican el cauce hidrológico y sedimentario natural y, como resultado, hay deficiencias en la calidad del funcionamiento del sistema fluvial.
- Otra debilidad que tiene el Mijares son la cantidad de infraestructuras y campos de cultivo que se encuentran dentro de la llanura de inundación y que, en caso de grandes avenidas con una elevada velocidad de los materiales transportados por el agua, se verían dañados de una forma u otra.

Fortalezas

- Hay que destacar la apreciable calidad de las riberas del Mijares, que cuentan con una buena continuidad y un estado próximo al natural en muchos tramos, con leves modificaciones.
- La litología, que se ha mencionado como una debilidad, también constituye una fortaleza del río pues debido a ese alto grado de porosidad e infiltración de las rocas aflorantes que dominan este territorio se favorece enormemente la infiltración y percolación, lo que conlleva la acumulación y movilidad del agua formando acuíferos que garantizan la disponibilidad permanente de agua.
- También, a lo largo del trazado del río pueden observarse formas de relieve de gran riqueza, geodiversidad y alta calidad paisajística.

Amenazas

- En primer lugar, el cambio climático y global, tanto en su componente natural como en su origen antrópico, puede modificar el comportamiento hidrológico de la red de drenaje de la cuenca del Mijares y ya lo está haciendo, de acuerdo con las alteraciones en el régimen de caudal observadas en los periodos analizados en apartados anteriores.
- Los usos energéticos, con las detracciones de caudal del Mijares para su uso en centrales hidroeléctricas, suponen una grave amenaza para el río, ya que significan disminuciones importantes en la cantidad de caudal en amplios tramos. Este caudal, debido a la estacionalidad del río, puede verse profundamente disminuido en ciertas épocas del año.
- El uso turístico y recreativo de las orillas del río Mijares no presenta todavía situaciones de insostenibilidad, pero un posible incremento o un uso más inconsciente podría provocar problemas en el río con la deposición de basuras y escombros y posibles afecciones a la fauna natural.

Oportunidades

- La mayor oportunidad que puede tener el Mijares es la posibilidad de realizar planes y proyectos de puesta en valor de las riberas y mejora de calidad general del sistema fluvial.
- La sensibilización de la población residente en el entorno de Olba es muy destacada, lo cual ayuda a la toma de conciencia general sobre la importancia del río. Esta sensibilidad, junto a posibilidad de aplicar buenas prácticas de gestión fluvial, puede hacer que el Mijares se convierta en un ejemplo a seguir para las acciones y planificaciones que se realicen en otros ríos de características semejantes.

B.4.2. La Peñuela

La Peñuela es una rambla o curso efímero característica de la zona climática donde se encuentra, de manera que sólo lleva agua cuando hay intensas precipitaciones en su cabecera y la capacidad de infiltración del suelo no llega a asimilar toda el agua de precipitación, por lo que, con periodos de retorno generalmente altos, puede llevar gran cantidad de agua a una velocidad elevada que puede generar daños en bienes materiales y personales.

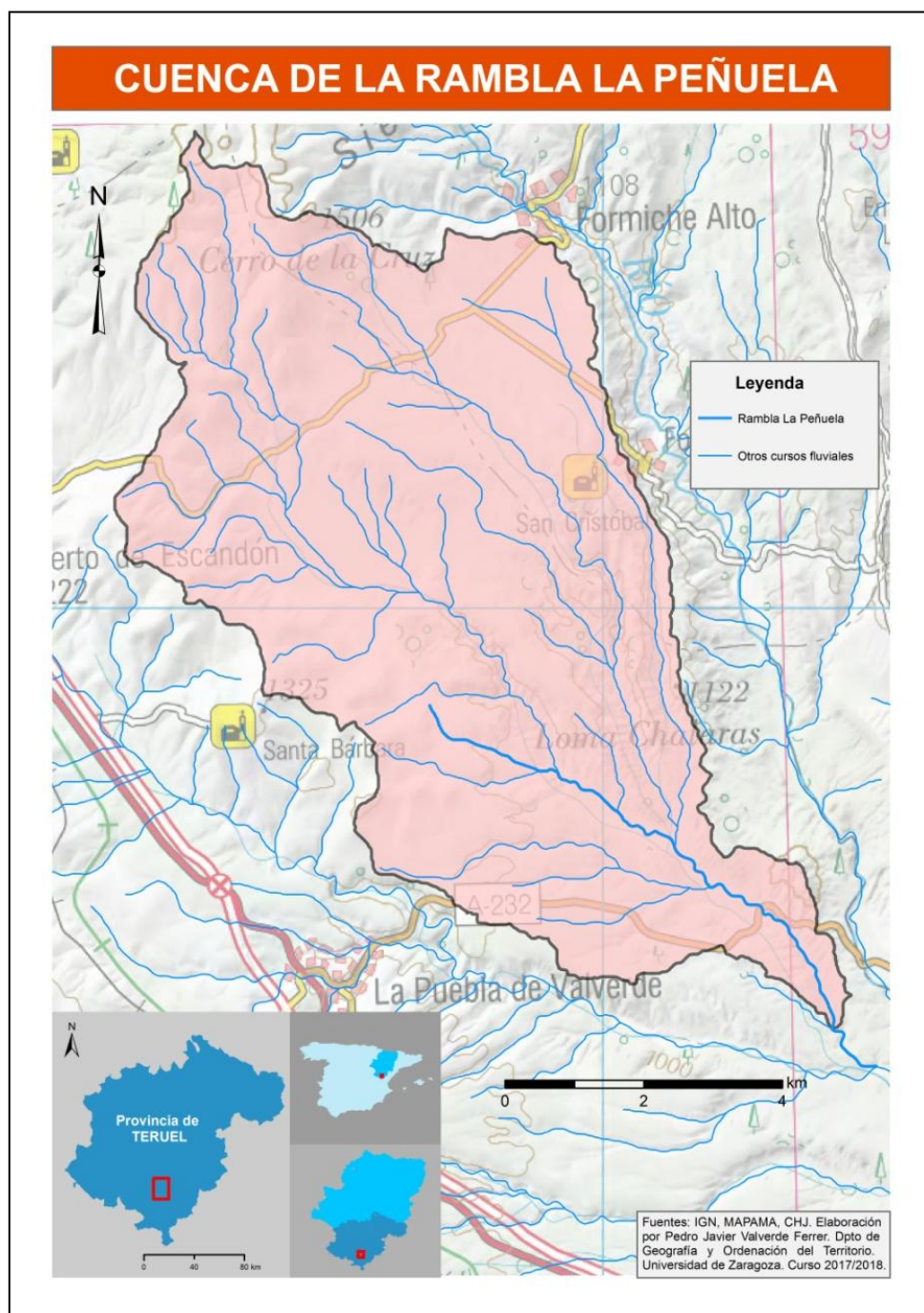


Fig.B.4.1. Cuenca hidrográfica de la rambla La Peñuela.

La cuenca de La Peñuela tiene una superficie de unos 65 km² y la longitud del cauce más largo dentro de dicha cuenca es de unos 20 km, aunque La Peñuela en sí sólo mide unos 9,4 km, siendo el cauce principal en el que el resto de ramblas de la cuenca desembocan.

La problemática localizada en esta rambla es que, casi al final de la misma, el puente de la carretera TE-232 está mal dimensionado y en eventos de crecida extraordinarios, como el del 1 de julio de 2014, se ha visto completamente inundado pasando el agua por encima de él. El puente en concreto puede visualizarse en la figura B.4.2. Se han tomado medidas de las dimensiones del vano del puente para calcular el caudal máximo que cabría por ahí. Ese caudal máximo ha resultado ser de aproximadamente 132,8 m³/s y, de acuerdo a la fórmula de Costa (1983), los sedimentos transportados por la rambla con un caudal así se moverían a una velocidad superior a 2 m/s, lo cual es un peligro añadido.



Fig.B.4.2. Fotografía desde aguas abajo del puente y del paso bajo la carretera de La Peñuela.

Dado que no existen estaciones de aforo en ningún punto de esta cuenca, para consultar el caudal máximo que puede tener La Peñuela en este punto a su paso por el puente se ha acudido a la aplicación CauMax, la cual nos da el dato de caudal máximo que habría en varios puntos según distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 100 y 500 años).

En dicha aplicación, con un periodo de retorno de 25 años el caudal que habría en el puente es de 54 m³/s, por lo que en ese caso el agua sí que cabría por el vano del puente. Para el siguiente periodo de retorno, que es el de 100 años, CauMax da en ese mismo punto un caudal máximo de 418 m³/s, que pasaría por encima del puente e inundaría las zonas adyacentes. Por tanto, como la aplicación CauMax no da información del periodo de retorno de 50 años, se podría considerar que el evento de crecida en el que al agua pasó por encima del puente fue de, al menos, esos 50 años de periodo de retorno.

Además, en caso de unas intensas precipitaciones el tiempo para dar aviso y cortar la carretera sería reducido, pues los tiempos de concentración calculados mediante las fórmulas de Kirpich (1940) y Témez (1978), resultan para la rambla de La Peñuela solamente de 1,5 y 3,3 horas respectivamente, y para la cuenca entera de 2,6 y 3,3 horas.

De esta manera, en el caso de que vuelva a ocurrir un caso semejante al mencionado en el que venga una gran avenida, ésta inundaría completamente el puente y los campos contiguos a la rambla. Esta avenida podría causar daños materiales y personales aguas abajo. Así, para al menos minimizar los daños en el puente, éste podría verse redimensionado para que cupiesen los más de 400 m³/s del periodo de retorno de 100 años a modo de medida preventiva.



Fig.B.4.3. Terraplén deteriorado por la crecida más reciente en el puente de La Peñuela.

Por otro lado, se ha realizado una cartografía de la cuenca donde se pueden observar las zonas donde actuarían dos procesos hidrológicos opuestos, la infiltración y la escorrentía superficial. En dicha cartografía (figura B.4.4) se puede visualizar que, en principio, la escorrentía no va a ser demasiada. Sin embargo, los valores más elevados de escorrentía se localizan específicamente en los cauces fluviales de las ramblas de la cuenca, suponiendo una escasa minimización natural de las avenidas por parte del proceso de infiltración.

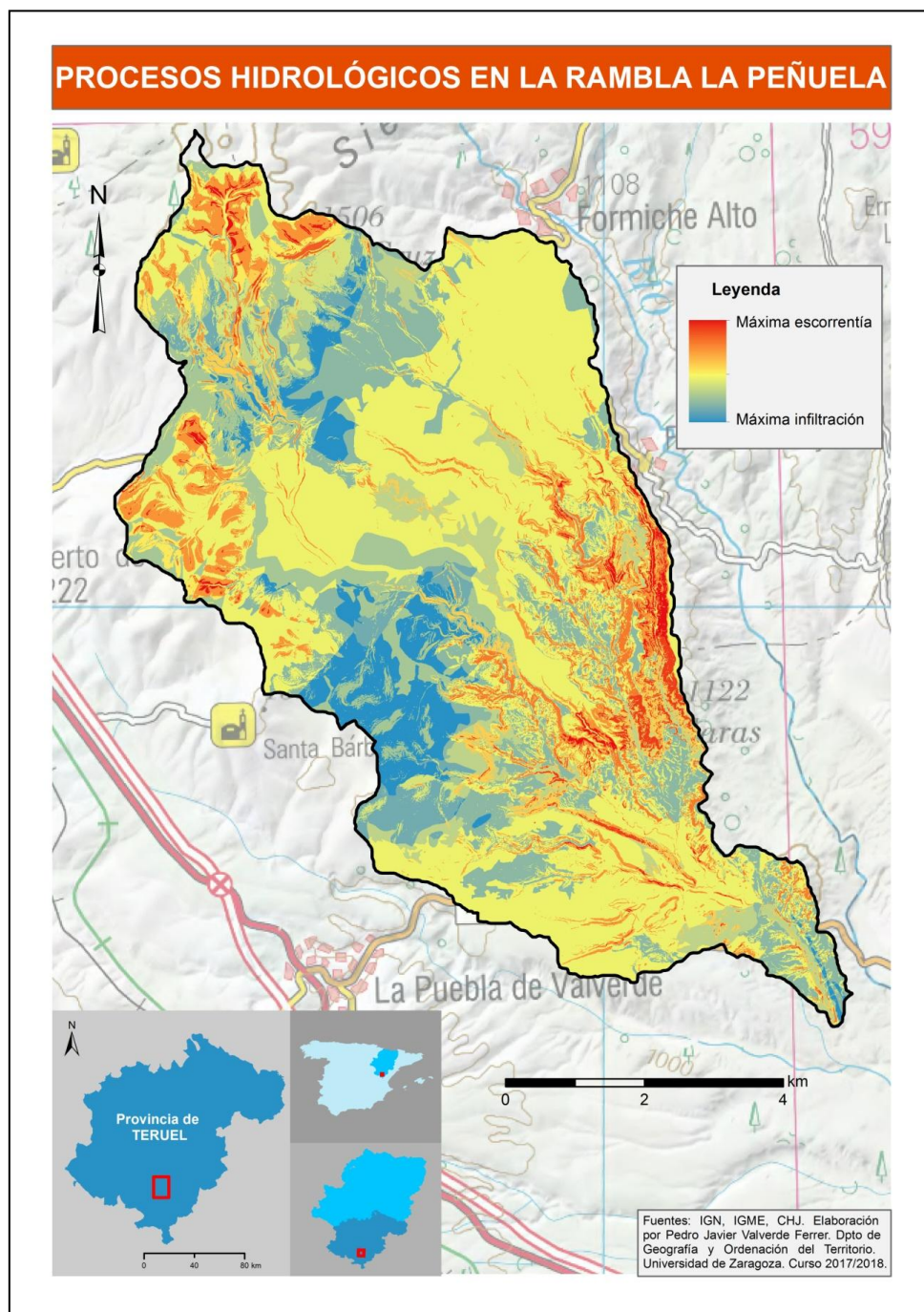


Fig.B.4.4. Mapa de procesos hidrológicos dominantes en la cuenca de la rambla La Peñuela.

De esta manera, puede considerarse que en una gran crecida, la rambla de La Peñuela y las demás ramblas de la cuenca van a transportar no sólo buena cantidad de agua sino también un importante caudal sólido a una notable velocidad. Así, las edificaciones y los pasos de carretera en estas ramblas son puntos de riesgo en los que se deberían tomar medidas de prevención.



Fig.B.4.5. Cauce menor del barranco de La Peñuela aguas abajo del puente.



Fig.B.4.6. Gavión destruido aguas abajo del puente de La Peñuela.

B.4.3. Áreas de interés fluvial

Como propuestas de mejora del río Mijares se han seleccionado un conjunto de enclaves o áreas de interés que ponen de relieve el patrimonio natural y natural-cultural y que podrían ser objeto de actuaciones de mejora de su calidad, de protección y de puesta en valor. A su vez, también se han seleccionado otras áreas que producen impactos negativos en el río y que también podrían ser objeto de otro tipo de actuaciones.

Así, en la siguiente cartografía se puede ver una enumeración de áreas de interés fluvial que van a ser comentadas brevemente cada una de ellas.

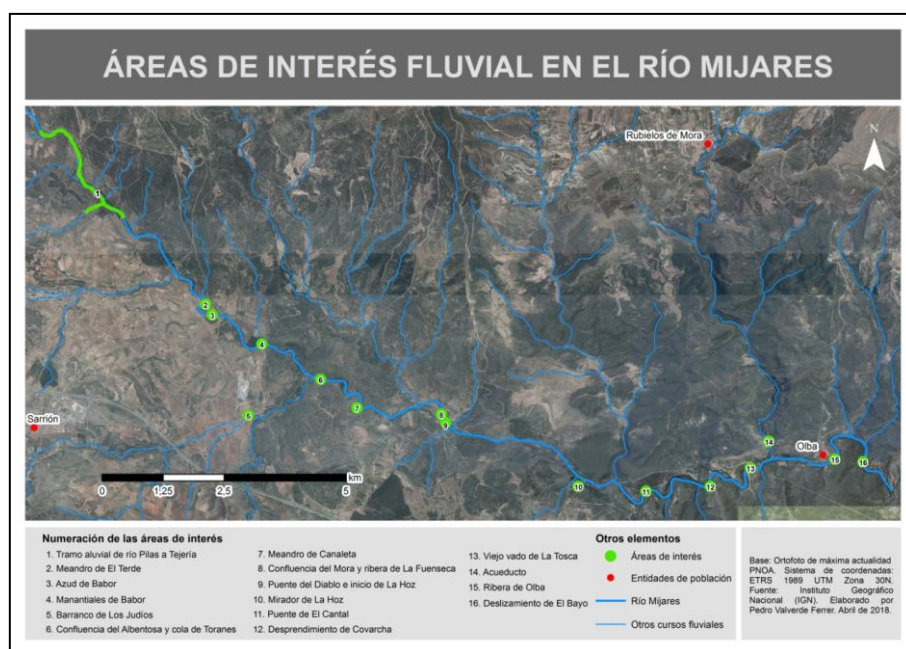


Fig.B.4.7. Localización de las áreas de interés fluvial.

- 1. Tramo aluvial de río Pilas a Tejería

La singularidad de este tramo estriba en la desaparición de la corriente superficial del río Mijares, que pasa a fluir bajo sus sedimentos en aguas medias y bajas. El valor estriba en esta singularidad, en la interesante dinámica geomorfológica y en la alta naturalidad del cauce y del corredor ribereño. Se propone la conservación natural de este tramo y sería aconsejable la eliminación de algunos puntos de paso de vehículos, existiendo otras alternativas para el acceso a fincas.

El inicio del tramo se ubica en una badina del Mijares embalsada artificialmente junto al Mas del Río Pilas. Justo al pie de la pequeña represa afluye por la derecha el tollo de Peñaflor.



Fig.B.4.8. Límites del tramo aluvial.

En su mayor parte el tramo está relleno de sedimento arcilloso y arenoso de tonos rojizos, aflorando puntualmente estratos rocosos transversales o diagonales y sucediéndose cada 200 o

300 m barras aisladas de gravas. El corredor ribereño alcanza apreciable continuidad, en un tramo bastante natural y de difícil acceso, aunque alterado por algunos vados precarios.

Un punto de especial interés es la confluencia del barranco de la Tejería, que aporta al mijares mayor cantidad de gravas. Unos 400 m aguas abajo de esta confluencia el río Mijares vuelve a presentar caudal superficial, concluyendo ahí el tramo seleccionado.



Fig.B.4.9. Morfologías del tramo aluvial.



Fig.B.4.10. Confluencia Mijares-Tejería.

- 2. Meandro del Terde

Aguas abajo de la estación de aforo 8030 del río Mijares en El Terde se desarrolla un meandro muy pronunciado encajado en el afloramiento rocoso calizo. El río desarrolla una poza profunda en el punto de mayor curvatura y una extensa y elevada barra de meandro en la margen sedimentaria (derecha). El enclave tiene una elevada calidad visual y naturalidad, con una evidente vocación didáctica (incluyendo la apreciación de la estación de aforo) y el acompañamiento de vegetación climácica y ribereña. Podría acondicionarse un mirador en

margen izquierda, con rápido acceso desde la carretera A-228, en cuya margen podría habilitarse una pequeña zona de parking.



Fig.B.4.11. Detalle del área de interés Meandro del Terde.

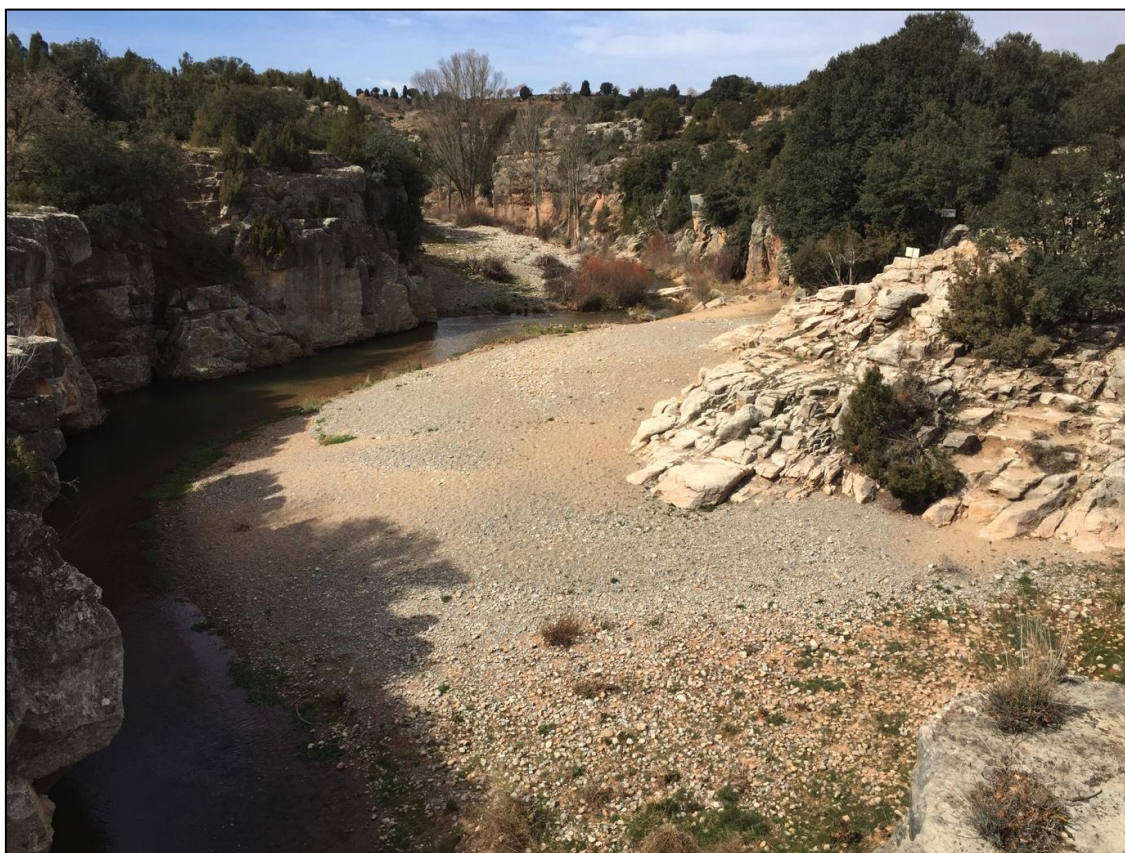


Fig.B.4.12. Imagen que muestra la belleza del enclave y su interés geomorfológico.

- 3. Azud de Babor

A tan solo 500 m aguas abajo del meandro del Terde se localiza este azud histórico del que deriva la acequia (margen izquierda del Mijares) que abastece a la finca de Babor. La Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) lo cataloga erróneamente con 6 m de altura. La correcta, de acuerdo con el catálogo del patrimonio hidráulico del Mijares turolense, es de 3,1 m. Está parcialmente labrado en la roca y en buen estado. Constituye un enclave de interés paisajístico, accesible y con factible uso público. También podría ser objeto de una escala para peces.



Fig.B.4.13. Vista aérea del azud, localizado al oeste de la carretera A-228.



Fig.B.4.14. Azud de Babor.

- 4. Manantiales de Babor

Las fuentes de Babor (margen izquierda del Mijares) y de Mas Royo (margen derecha), rodeadas de un muro de piedra, incrementan considerablemente el caudal del Mijares, aunque de forma inmediata son derivadas por un canal que abastece a la central eléctrica junto a la desembocadura del Albentosa.

El enclave es muy interesante, en un tramo fluvial de valor medio en el que es posible pasear por la ribera. Aún así, no es solo interesante por la representatividad y singularidad de los manantiales, sino también por la problemática local del tramo de río. En el cauce es evidente la acumulación de sedimento fino arcilloso procedente de aguas arriba y de aportes laterales. En algunos puntos cubre los sedimentos formando una fina película (*embeddedness*) y facilita la instalación de pequeñas algas. Este también es el punto de llegada de vertidos posiblemente procedentes de la factoría de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes de Fertinagro, en margen derecha, donde se detectó el aporte contaminante de agosto de 2017 y los efectos de mortandad de peces y cangrejos hacia aguas abajo (González Cano, 2017).

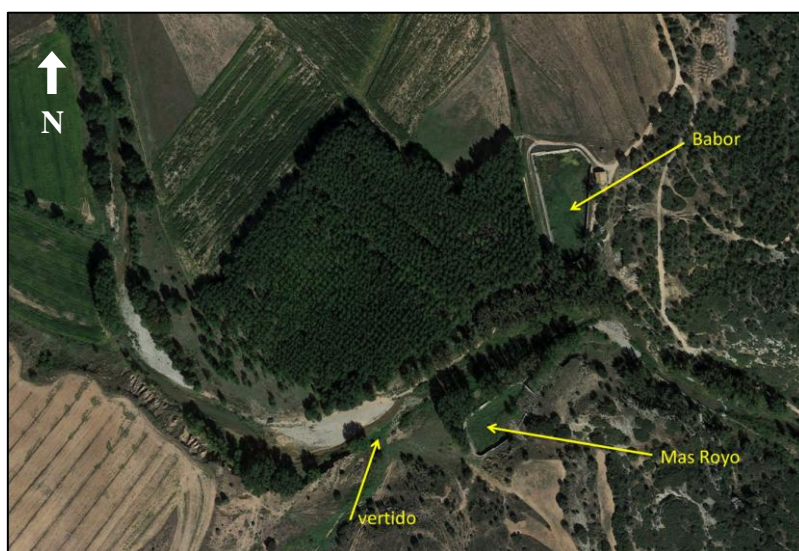


Fig.B.4.15. Imagen aérea en la que se observan los manantiales rodeados de cercados de piedra, las extensas barras de sedimentos, el escarpe arcilloso acaravado, las riberas muy abiertas por el pastoreo y la plantación de chopos de la finca del Babor.



Fig.B.4.16. Cauce del Mijares en la curva previa a los manantiales. Se observa el cubrimiento de una pátina arcillosa (*embeddedness*) en el lecho.

- 5. Barranco de los Judíos

Este barranco es una rambla procedente de Sarrión que desemboca en el Albentosa junto al núcleo de La Escaleruela. Es muy interesante en su tramo final, aguas abajo del puente de la carretera A-228. Al pie del puente desarrolla un ancho lecho de gravas alterado por extracciones y pasos de vehículos. A continuación y para alcanzar al río Albentosa, que discurre encajado, el barranco de los Judíos se ve obligado a incidir linealmente, excavando, desapareciendo así su capa sedimentaria y aflorando el sustrato rocoso, en el que desarrolla acanaladuras y microformas de gran interés geomorfológico. Podría ser objeto de actuaciones de puesta en valor por esta singularidad, además de que constituye una rambla representativa del tramo, al igual que la ya mencionada rambla de La Peñuela, de comportamiento torrencial.



Fig.B.4.17. Localización del tramo de interés del barranco de los Judíos.

- 6. Confluencia del Albentosa y cola de Toranes

La zona de confluencia del Mijares y el Albentosa es enormemente compleja, contando con diferentes elementos de interés tanto de carácter natural como antrópico. Inmediatamente aguas abajo de la confluencia se localiza en el Mijares el vaso del embalse de Toranes.



Fig.B.4.18. Localización en detalle del área de confluencia Mijares-Albentosa.



Fig.B.4.19. Elementos antrópicos en el curso final del río Albentosa.

Por efecto de la confluencia de los dos ríos y también asociada a la sedimentación propia de la cola de embalse, se desarrolla un gran depósito de gravas en margen derecha del Mijares. En ella son evidentes los efectos de crecidas recientes y la colonización progresiva de chopos.



Fig.B.4.20. Punto de confluencia, observándose de frente la llegada del Mijares. Las aguas del Albentosa presentaban mayor turbidez (octubre de 2017).



Fig.B.4.21. Barra sedimentaria del Mijares aguas abajo de la confluencia. Abundantes restos leñosos enganchados en los chopos y huellas de acreción sedimentaria reciente.



Figs.B.4.22. Pequeño resalte artificial en el tramo final del Albentosa.

El tramo final del Albentosa es cruzado por un puente a cuyo pie hay un resalte de hormigón correspondiente a un antiguo vado que debería ser eliminado.

En la partida de Horcajo, tramo final del valle del Albentosa, el Molino de la Escaleruela es una finca de uso hostelero y recreativo que se asienta sobre el antiguo molino y las instalaciones de una antigua fábrica de luz (Hermosilla, dir., 2011). Esta área, tal y como se ha mencionado en el apartado de inundabilidad, es lógicamente inundable por desbordamientos del Albentosa, como el registrado en noviembre de 2015. Aguas arriba del Molino se localiza una piscifactoría. El Albentosa presenta notables caudales en este curso bajo por la aportación del manantial de la Escaleruela, situado unos 500 m aguas arriba de la piscifactoría.

El bosque de ribera del tramo final del Albentosa se encuentra estrechado y desestructurado, pero cuenta con potencial para su recuperación.



Fig.B.4.23. Azud de derivación del molino de la Escaleruela.

La presa de Toranes, de gravedad, con 17 m de altura y 30 m de anchura de coronación, se construyó en 1954. La capacidad de embalse es de 1 hm³ y la superficie del vaso de unas 8 ha. En 2018 ha cumplido su concesión a nombre de Iberdrola y tres particulares, por lo que se ha demandado su demolición. La producción hidroeléctrica es muy pequeña. El río Mijares ganaría enormemente en naturalidad y conectividad si se consiguiera la eliminación de esta presa. También abastece a algunos regadíos, para los que habría que encontrar una alternativa.

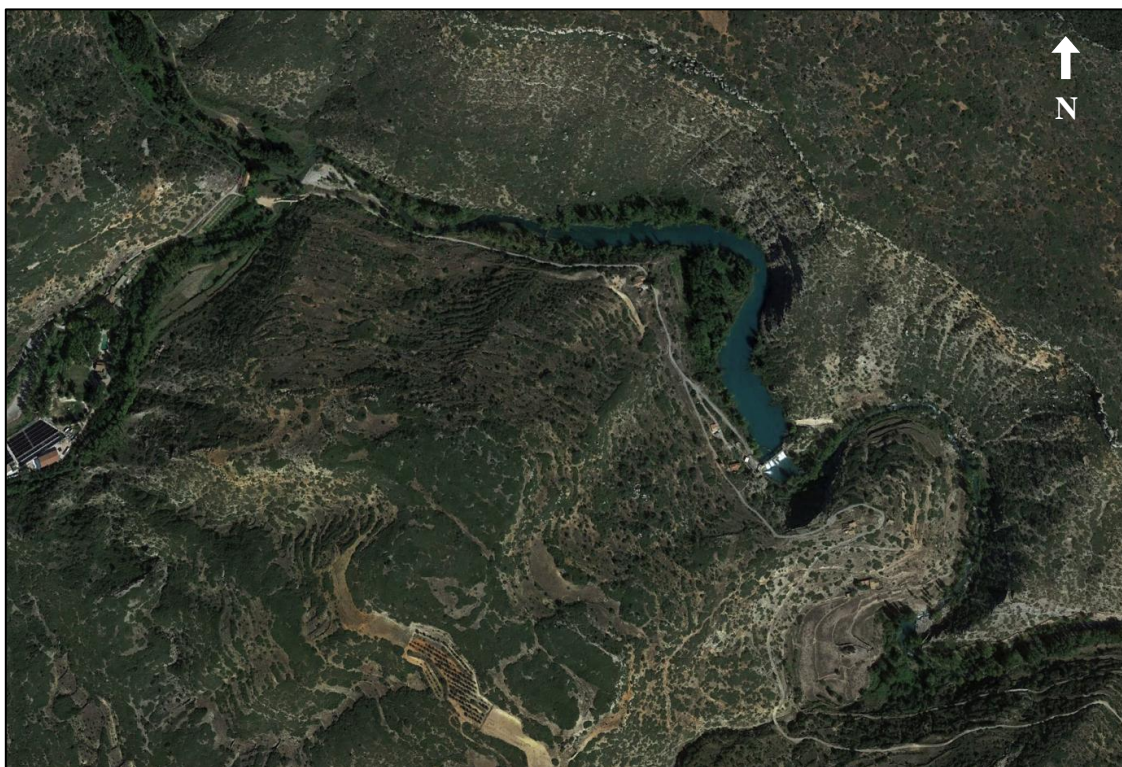


Fig.B.4.24. Imagen aérea de la presa y embalse de Toranes.



Fig.B.4.25. Presa del embalse de Toranes.

- 7. Meandro de Canaleta

Se localiza al pie de la presa de Toranes y constituye un tramo rocoso en el cauce del Mijares, con afloramiento del sustrato a lo largo de toda la curva y una gran poza en la salida del meandro, una de las más espectaculares del Mijares, donde el río inicia el dibujo de una contracurva muy pronunciada. El paisaje fluvial se enriquece además con bloques caídos desde las laderas, vegetación de ribera y campos de cultivo abancalados, en uso y abandonados, con muretes y acequias, conformando un conjunto de patrimonio natural y cultural. Podría ser objeto de actuaciones de protección y puesta en valor.



Fig.B.4.26. Meandro de la Canaleta.

- 8. Confluencia del Mora y ribera de la Fuenseca

El río de Mora, de 29 km de recorrido, circula por un valle encajado y describe meandros, manteniendo pendientes elevadas, casi siempre superiores al 2%, hasta confluir con el Mijares. Cuenta con edificios tobáceos y algunas cascadas de gran belleza (figura B.4.27).

El Mora arriba al Mijares unos 700 m aguas arriba del puente de la Fonseca. Este tramo de interés se circunscribe a estos 700 m de ribera, en los que el Mijares describe un amplio meandro con una banda de vegetación de ribera continua y bien desarrollada.

Esta área de interés destaca por su antigua industria textil, que aprovechaba los caudales de Mijares en este tramo, enriquecidos con el Albentosa y los manantiales de ambos. Hoy los caudales no son naturales en su volumen total, por la derivación que desde el embalse de Toranes, aguas arriba, se hace hasta la central de Las Casas, aguas abajo.



Fig.B.4.27. La cascada de la Hiedra, uno de los enclaves más conocidos de la sierra de Gúdar, se localiza lejos del área de estudio, en la cabecera del río de Mora.

Aguas arriba de este tramo de interés, unos 500 m por encima de la confluencia del Mora, también en margen izquierda, se levantaba la fábrica del Batán de la Pileta, monumental edificio de tres plantas hoy en ruina pero que conserva elementos de arquitectura hidráulica. Esta fábrica se construyó a mediados del XIX y funcionó hasta 1946 (Hermosilla, dir., 2011).

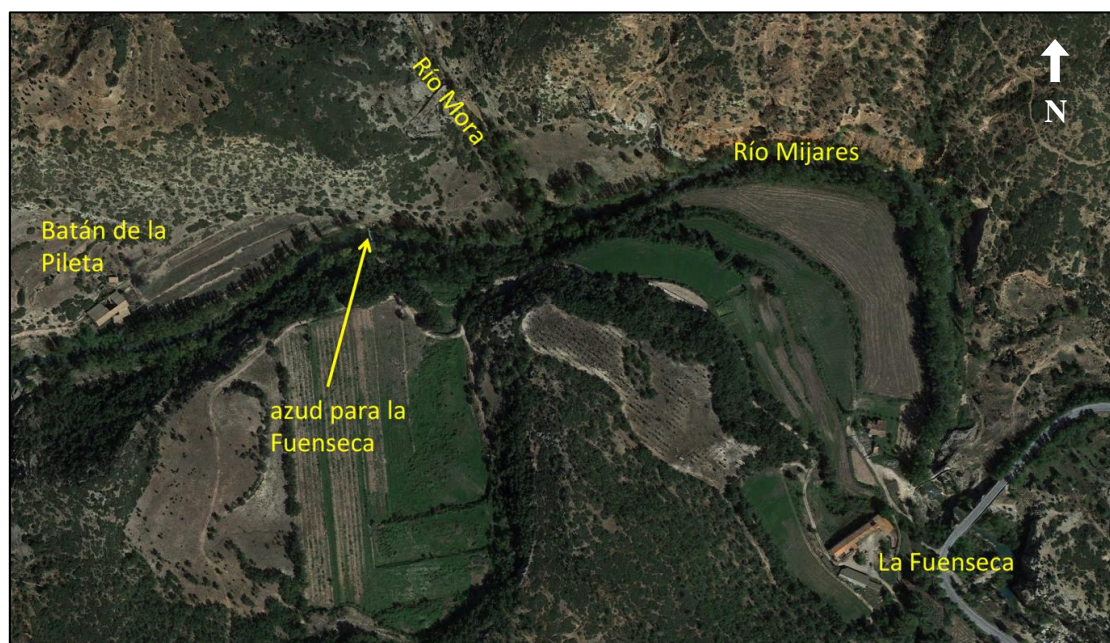


Fig.B.4.28. Área de La Pileta, confluencia del Mora y Fuenseca.

El gran edificio aguas arriba del puente fue también fábrica textil. A mediados del siglo XIX se inició una reconversión del sector textil de la comarca, que estaba en situación agónica (Ibáñez, 2016), y aquí se instaló en 1844 la primera factoría, la Fábrica de Hilados de la Fonseca,

beneficiándose de las buenas comunicaciones y de la fuerza de las aguas del Mijares. A esta le siguieron otras, que constituyeron un “eje industrial” que acabó con las producciones artesanales. Pero en pocas décadas estas industrias no fueron capaces de competir con las movidas con máquinas de vapor.

Junto a la fábrica de tejidos y aprovechando el mismo salto hidráulico se instaló un molino harinero, en funcionamiento hasta 1935.

El puente de aire medieval de la Fuenseca está fechado en 1670. Hoy es punto de conexión de senderos turísticos, en el pasado fue paso obligado de personas y rebaños trashumantes.



Fig.B.4.29. Puente de la Fuenseca (1670).



Fig.B.4.30. Lecho en roca del Mijares y ribera de la Fuenseca desde el puente de 1670.



Fig.B.4.31. Puente actual de la carretera A-1515.

- 9. Puente del Diablo e inicio de la Hoz

Inmediatamente aguas abajo del puente de la Fuenseca se inicia el tramo de mayor encajamiento del curso medio del Mijares, un desfiladero de 5 km de longitud, conocido como la Hoz, que concluye en el puente de Cantal, ya en término de Olba. En este tramo el Mijares recibe al afluente Palomarejos, cuyo tramo final participa también de la garganta fluvial.

En la entrada a la Hoz (y tan solo 100 m aguas abajo del actual puente de la Fuenseca en la carretera A-1515) estaba el puente del Diablo, primer paso en este punto estratégico, varios siglos anterior al de la Fuenseca. La primera referencia al puente del Diablo data de 1198 (Ibáñez, 2016). Se conservan los estribos de mampostería y tenía una plataforma de madera, destruida en 1647. A raíz de ello se construyó aguas arriba el puente de la Fuenseca de 1670.



Fig. B.4.32. Vista de la entrada de la Hoz del Mijares. En cada orilla se aprecian los restos de los apoyos del puente del Diablo.

La Hoz del Mijares es un profundo valle encajado, estrecho y abrupto, un cañón en las calizas y dolomías del Jurásico superior, con una media de 150 m de desarrollo vertical. Uno de los elementos más valiosos de su geomorfología son los dos potentes niveles de tobas que afloran en el interior del cañón, uno de 120 m de espesor, formado hace entre 200.000 y 50.000 años, y un segundo de 35 m, generado entre el 10.000 y el 5.000 BP (Lozano, 1988, 1997; Lozano et al., 1999; Peña et al., 2000).

La importancia ecológica de este espacio se manifiesta en su integración en tres LIC: Estrechos del río Mijares (LIC ES 2420128), Cueva de la Humera (LIC ES 2420147) y Maestrazgo y Sierra de Gúdar (LIC ES 2420126). El denominado “Cañón y travertinos del Mijares”, ha sido recientemente declarado Punto de Interés Geológico de Aragón (Decreto 274/2015).



Fig.B.4.33. Localización del área de interés.

Este espacio alberga una amplia comunidad de fauna y flora, en la que se han inventariado 82 especies de aves (águila real, calzada, culebrera y pescadora, milano negro, búho real, halcón peregrino, alondra, jilguero, verdecillo, chova piquirroja, etc.); 11 de mamíferos (nutria, tejón, garduña, zorro, gineta, cabra montés, murciélago pequeño de herradura, etc.); 4 de reptiles (sapo corredor, sapo común, etc.); 11 de peces (anguila, barbo, comilleja, etc) y un sinfín de invertebrados. A estas hay que sumarles al menos otras 148 especies vegetales (Ibáñez, 2016). Todo ello se organiza en cuatro ecosistemas principales: bosques de ribera, paredes rocosas, carrascal-quejigar y pinar de pino carrasco y rodeno.



Fig. B.4.34. Imagen de detalle del profundo congosto de entrada a la Hoz del Mijares. En la peña de la izquierda se identifica el apoyo del puente del Diablo.

- 10. Mirador de la Hoz

Complementando al área anterior, hay un punto de buena accesibilidad que constituye un excelente mirador sobre la Hoz del Mijares, que podría ser acondicionado como punto de observación e información sobre los estrechos del Mijares. Se encuentra en la vertical de la central eléctrica de Las Casas, justo en el punto de descenso de la tubería forzada que la abastece. Se accede por un ramal de pista de unos 500 m aproximadamente en el km 8,5 de la carretera TE-V-2001 que une el valle de Olba con la Venta del Aire.



Fig.B.4.35. Descenso de la tubería desde el mirador a la central de Las Casas.

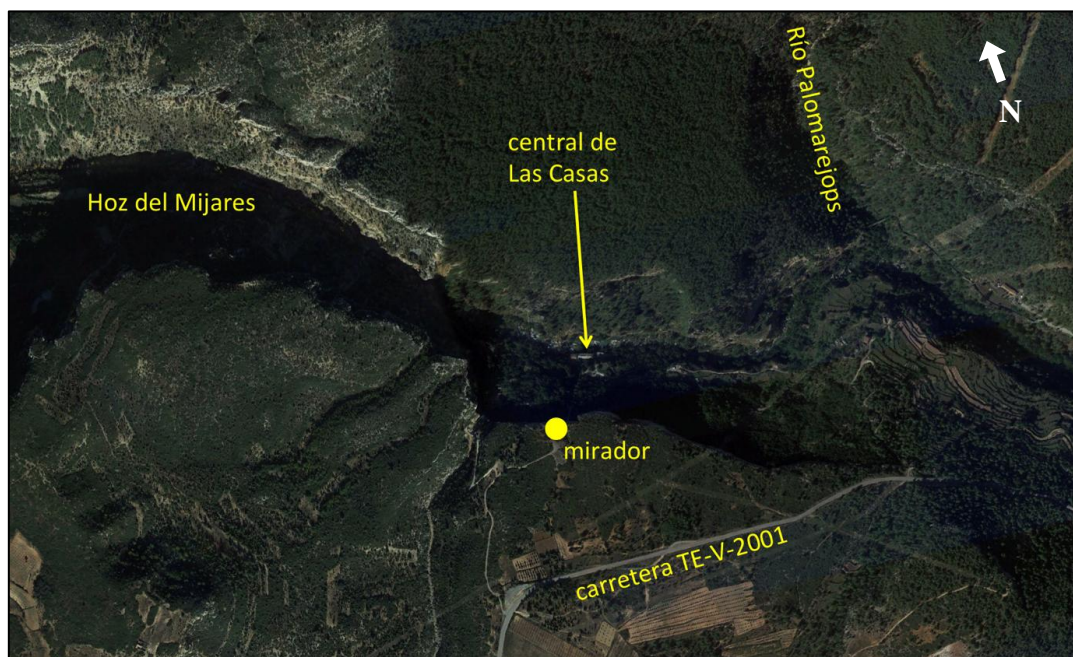


Fig.B.4.36. Localización del mirador y tramo de la Hoz.



Fig.B.4.37. Vistas desde el mirador hacia aguas arriba.

A la espectacularidad de las vistas se une el colorido en rojos y ocre del roquedo, calizas travertínicas y dolomías miocenas, en contraste con la vegetación y una gran diversidad de procesos geomorfológicos activos en las vertientes.



Fig.B.4.38. Mole travertínica desde el interior de la Hoz.

- 11. Puente del Cantal

Pequeño enclave con el atractivo del río y la posibilidad de baño en un punto del lecho del Mijares con grandes rocas. Fácil acceso desde la TE-V-2001, al pie del puente de entrada al valle de Olba.



Fig.B.4.39. Imagen del enclave, aguas arriba del puente del Cantal.

- 12. Desprendimiento de Covarcha (Los Pertegaces)

Mencionado ya al final del apartado B.2.3, es un proceso de movimiento de rocas por gravedad que tuvo lugar en marzo de 2017 con posterioridad a un evento de precipitación. El desprendimiento tiene un desarrollo vertical de 140 m y un perímetro de material movilizado de 315 m, con una superficie total de 6680 m². Es un proceso geomorfológico inducido, generado por la elevada humedad en la ladera, pero facilitado y agravado por la presencia de una pista que rompe el perfil de la vertiente. El material arrancado y desprendido descendió hasta el fondo de valle y colapsó el cauce del mijares, provocando la formación de un pequeño lago lateral aguas abajo del puntarrón de Covarcha, paso fluvial del sendero que lleva a Los Giles.



Fig.B.4.40. Perímetro del área afectada por el desprendimiento.

Debe ser puesto en valor este enclave por varias razones: a) por la naturalidad geomorfológica y la implicación de una actuación (pista) poco adecuada en ese enclave, b) por la representatividad como proceso típico de formación de relieve en el valle medio del Mijares, donde se han producido desprendimientos masivos en época histórica y hay diferentes laderas con potencial para registrar procesos similares, c) por el hecho de haber creado un paisaje natural nuevo en el que interactúan la ladera y el río. Por todo ello, en lugar de realizar algún tipo de actuación sobre el enclave, se tendría que conservar en su situación actual y que se deje evolucionar en su dinámica natural, tanto en la vertiente como en el cauce. Lógicamente la pista deberá ser clausurada y debidamente señalizada.

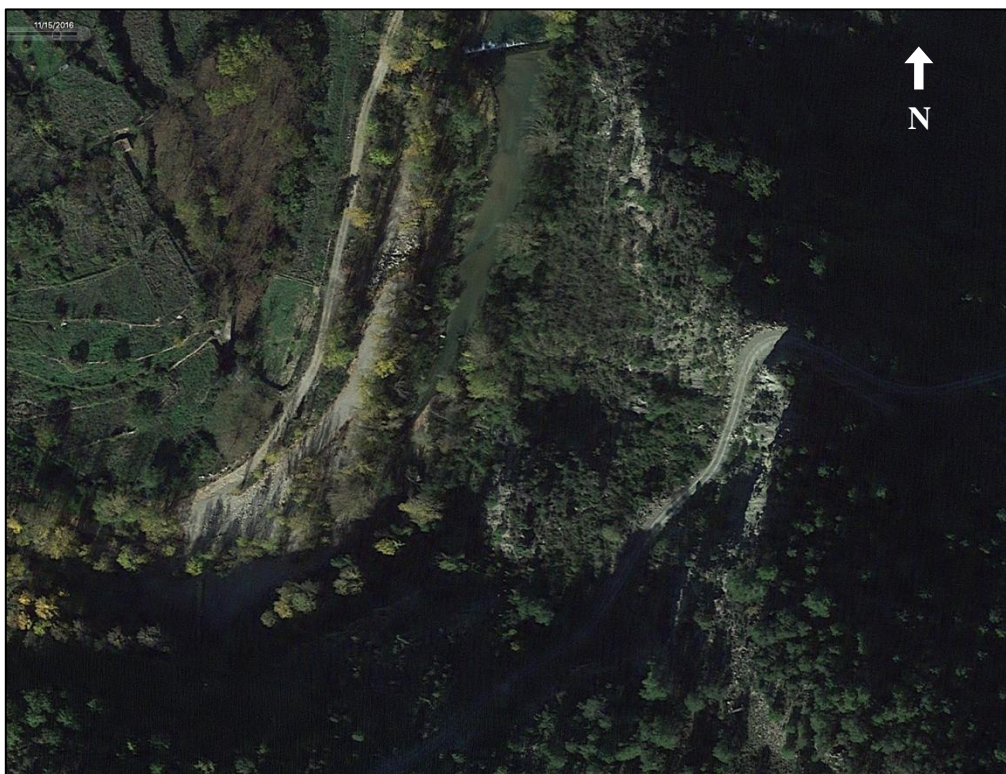


Fig.B.4.41. Fotografía aérea de 2016, anterior al desprendimiento.

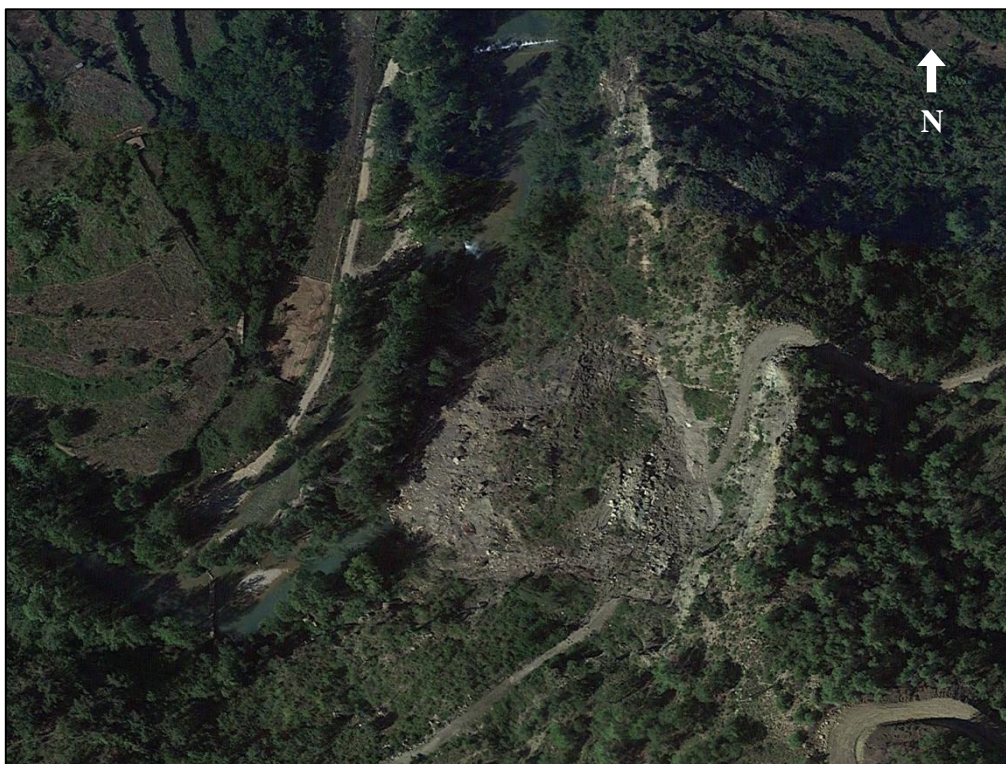


Fig.B.4.42. Fotografía aérea de 2017, posterior al desprendimiento.

- 13. Viejo vado de La Tosca

Los vados, que se llaman puntarrones en la zona, eran primitivamente de troncos sobre pilares de piedra, pero con el tiempo se cementaron. Para comunicar La Tosca y Los Ramones hay un vado de hormigón apto para vehículos que genera afecciones en el río y un vado más antiguo y precario, peatonal, mejor integrado en la dinámica fluvial. El enclave que ocupa este viejo vado es interesante, en un punto de ancha ribera con depósito sedimentario en margen derecha.

El cauce activo fue cambiando su trazado, dirigiéndose hacia la margen izquierda, erosionando la base de la ladera abancalada en la que se asienta La Tosca. Las grandes crecidas de 1922 y 1957 realizaron este trabajo y la segunda de ellas terminó por romper la estabilidad de una casa que tuvo que ser abandonada, perviviendo hoy en ruina.

Es un punto de interés, por tanto, por dinámica geomorfológica y una manifestación histórica del riesgo asociado al río. La dinámica fluvial fue obligando también a reformar el vado, cambiándolo de emplazamiento y prolongándolo sobre el cauce conforme este se ensanchaba. En la estructura y en el propio cauce se observan estas huellas de una historia compleja.

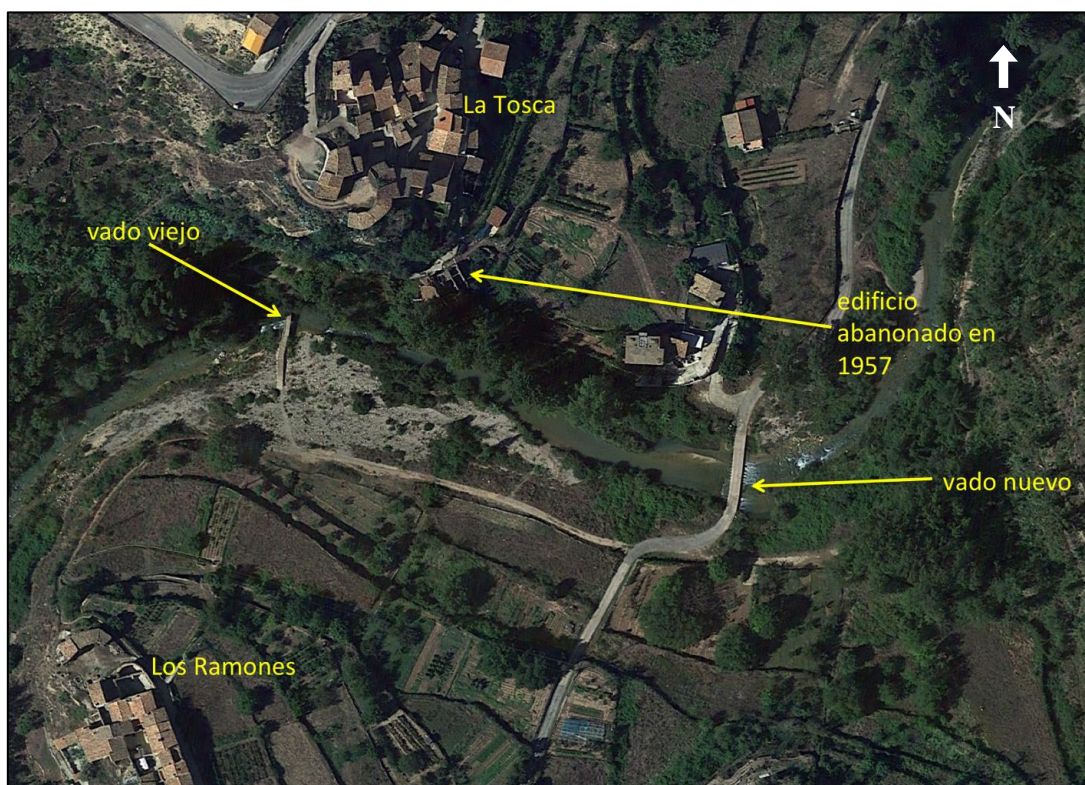


Fig.B.4.43. Localización de los barrios y los vados.

El vado nuevo que se puede ver en la figura B.4.43 también se ha comentado al final del apartado de inundabilidad. Como se menciona en dicho apartado, en caso de una crecida sería impracticable su uso y por ello se propone que ese vado debería de ser desmantelado y construir otro en su lugar con mayores dimensiones para dejar pasar el agua o construir un pequeño puente.

- 14. Acueducto

Atravesando el curso bajo del río de Rubielos de Mora, afluente del Mijares, en un enclave de gran interés y belleza natural y cultural se encuentra el acueducto conocido como acueducto del Arco o de la Salud (y falsamente denominado “Romano” en la cartografía topográfica oficial), sobrevivió más de 4 siglos hasta que la riada de 1902 lo destruyó, siendo sustituido por otro de menor entidad realizado por José Carmona en 1905.

Su primera versión se remonta al siglo XV, sirviendo de conducción para la Acequia del Arco o de la Cava, que parte de las proximidades del Casucho, en los confines del límite del término municipal de Olba con Rubielos y San Agustín, y que acaba en el barranco de las Fuentes, junto al barrio de los Ibáñez Bajos. La conducción de 8 km de recorrido proporcionaba agua a los principales barrios de la margen izquierda (Los Villanueva, Los Pertegaces, La Tosca, Ibáñez Altos) y al propio casco urbano de Olba. Todo su recorrido se realiza por la zona de contacto entre los últimos aterrazamientos agrícolas y la ladera que delimita el valle. Un ramal de esta acequia, conocido como la Aceicuca, discurre a una cota inferior con función principalmente agrícola.

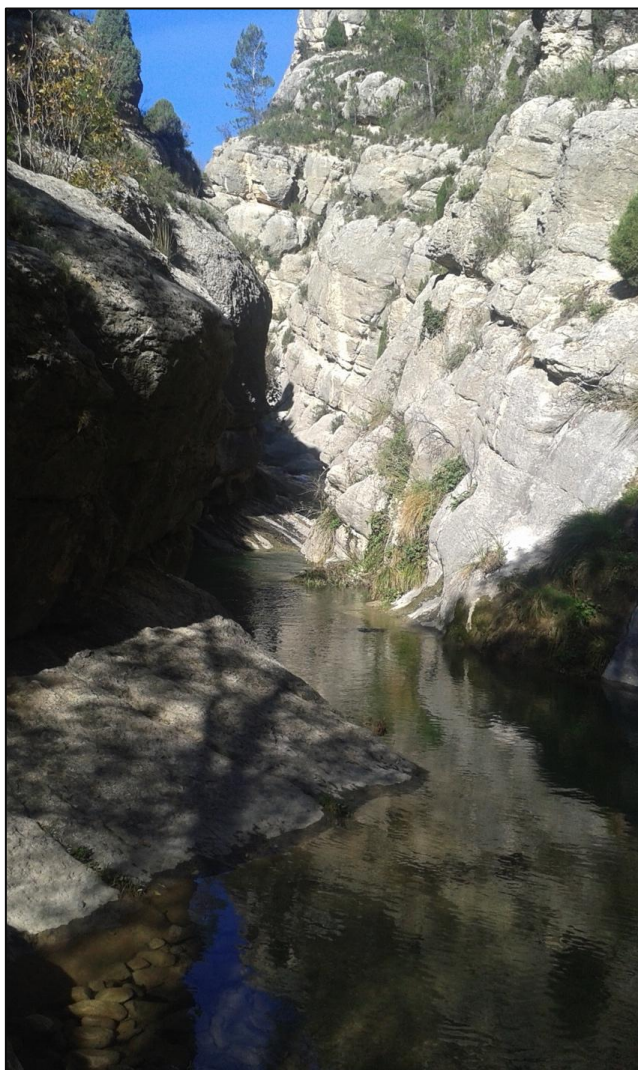


Fig.B.4.44. El cauce en roca del río Rubielos.

El recorrido de la acequia está formado por una “calzada” o muro de mampostería adosado al acantilado rocoso, con algunas zonas con pequeños arcos para salvar barranqueras y salientes rocosos. Sobre esta estructura discurría la conducción de agua, que constaba de un sencillo canal descubierto en su parte superior. La estructura de mayor entidad es el Acueducto de la Salud, para salvar el río Rubielos. Constaba de cuatro arcos, de los que solo se conserva uno completo y el arranque de otro, ambos ligeramente apuntados, así como la base de todos los pilares de apeo. El desaparecido arco central debía ser espectacular; sustentado por un esbelto pilar y la pared rocosa, tenía 15,6 m de anchura y 25 m de altura. El Arco Nuevo fue el construido en 1905.

Este enclave ya cuenta con un panel informativo y un área para parking. Sería preciso incrementar su puesta en valor en relación con la red fluvial, ya que se ubica en un tramo de gran belleza en el cauce y laderas del río Rubielos, de tan solo 19 km de recorrido, presenta sin embargo una destacada diversidad geomorfológica. Precisamente este tramo final del afluente debe ser valorado y al mismo tiempo conservado evitando impactos puntuales, existiendo un sendero que lo recorre. Aguas abajo del acueducto y del puente de carretera, el curso del Rubielos incrementa su pendiente y se estrecha, antes de desembocar en el Mijares.



Fig.B.4.45. Restos del acueducto sobre el río Rubielos.



Fig.B.4.46. Localización del acueducto.

- 15. Ribera de Olba

La ribera directa de Olba se desarrolla a lo largo de un meandro de amplio radio del Mijares, desde el azud de derivación del molino hasta el vado de Tarrasones.

El paisaje fluvial es atractivo, con riberas de notable continuidad longitudinal, pero de densidad y madurez discontinuas. Los elementos antrópicos cuentan con un destacable valor histórico y cultural, en especial el puente de Olba, el molino y la fábrica de papel y batán que funcionó hasta que las crecidas de comienzos del siglo XX, y en especial la de 1922, obligaron a su cierre.

Las gestiones para la construcción de un puente en Olba se iniciaron en 1789, consiguiéndose tras una década de negociaciones que Carlos IV ordenase que esta costosa obra la pagasen los 117 pueblos situados a 10 leguas a la redonda.

Se quería consolidar este camino como alternativa a la Fonseca en el paso del complicado río Mijares para comunicar la Sierra de Gúdar con la nueva carretera de Teruel a Valencia (Ibáñez, 2016). En 1803 se acabó esta ambiciosa obra, pero nunca llegó a prosperar el camino.

El molino de Olba data del siglo XVII y posteriormente constituyó privilegio de Fernando VII al ministro Calomarde. Fue rehabilitado como albergue en 2002 y conserva la maquinaria completa, así como los elementos hidráulicos.



Fig.B.4.47. Localización de los principales elementos.



Fig.B.4.48. Actual ribera de Olba desde el puente.

- 16. Deslizamiento de El Bayo

El Bayo era un barrio de Olba que contaba con unos 8 o 9 vecinos o casas habitadas. Se localizaba en margen derecha del Mijares, pocos metros aguas arriba del barrio de Los Lucas. El evento parece ser que tuvo lugar en 1898, año especialmente lluvioso en el que se registraron en la zona más procesos de ladera. Las casas se encontraban en una suave pendiente al pie del monte Caraputo, pero el terreno era inestable y comenzó a deslizarse lentamente y sin agrietarse, moviendo árboles y edificios, haciéndose evidente arriba un corte en la ladera. Al parecer se oían crujidos los primeros días y en un par de semanas terminaron agrietándose y cayendo las casas. Fue un hundimiento lento, pero los vecinos fueron desalojando sus casas, salvando lo que pudieron y trasladándose a Los Tarrasones y Los Moyas. De acuerdo con el informante Roque Moya (Historias de Olba, revista Mijares Vivo nº 7), en El Bayo quedó una casa en pie pero se había desplazado 200 m.

El terreno deslizado alcanzó el cauce del Mijares y lo atravesó, de manera que se taponó el curso fluvial y se formó un embalse natural temporal cuya lámina llegaba hasta los Ibáñez Bajos. El embalse pervivió durante un año aproximadamente hasta que la siguiente crecida abrió de nuevo camino al río. Se cuenta incluso que un vecino construyó una balsa para llevar por el embalse formado hacia aguas arriba materiales de la antigua aldea para aprovecharlos en construcciones de los otros barrios.



Fig.B.4.49. Localización del antiguo barrio de El Bayo.

Este ejemplo es muy relevante porque demuestra la inestabilidad de este tramo del valle. Esta dinámica geomorfológica debe ser puesta en valor en sí misma, como se ha señalado también en el desprendimiento de Covarcha. El Bayo debe quedar en la memoria y sería muy conveniente establecer un área de observación explicativa en la carretera.

Como puede observarse en la figura B.4.50, actualmente hay un edificio en construcción en esa misma zona, construcción que no debería hacerse por el simple principio de prevención.



Fig.B.4.50. Edificio en construcción en el antiguo emplazamiento de El Bayo, visto desde la margen opuesta del río Mijares (carretera TE-20).

B.4.4. Vados

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, en el trazado del río Mijares se han encontrado numerosos vados de diferentes tipologías. Por un lado están los vados o pequeños puentes hechos con troncos y maderas, los cuales casi no intervienen en el curso natural del río y que en caso de una gran avenida no van a tener mayores problemas que, obviamente, la imposibilidad de pasar de un lado a otro del río. Otro tipo son los vados de placa, bien tierra compactada bien una plancha de hormigón, pero a nivel de suelo sin aberturas inferiores para el paso del agua, que circula en su totalidad por encima, que desnaturalizan el lecho e intervienen directamente en la dinámica fluvial, constituyendo un obstáculo impermeable que rompe la continuidad vertical. Y por último están los vados de hormigón que se elevan un par de pies de altura sobre el lecho fluvial, que dejan pasar el agua por tubos o aberturas, generalmente numerosos pero de pequeño diámetro, que alteran la dinámica longitudinal del cauce y pueden generar problemas, tanto aguas arriba por acumulación de sedimentos como aguas abajo por incisión.

Es necesario abordar un estudio detallado de todos los vados, que no se encuentran catalogados, tipificados ni medidos. En futuros proyectos de restauración habría que plantear la eliminación de algunos de ellos y en algún caso su sustitución por una estructura de puente que permita la dinámica hidromorfológica.



Fig.B.4.51. Vado viejo de La Tosca en su mitad meridional.



Fig.B.4.52. Vado portátil y de mínimo impacto en El Molinete.



Fig.B.4.53. Vado muy precario para acceso a Terrero Sevilla en Los Pertegaces.



Fig.B.4.54. Vado de Los Ramones con los rápidos que genera.



Fig.B.4.55. Detalle del flujo aguas abajo del vado de Los Ramones.

Entre los vados identificados uno de los más problemáticos es el de Los Ramones (figuras B.4.54 y B.4.55), mencionado también en el apartado de inundabilidad. Para empezar, es insalvable por la fauna piscícola. Luego, debido a los escasos y pequeños ojos que tiene para dejar paso al agua se generan barras de sedimentación y erosión remontante justo aguas arriba del vado y un estancamiento lateral justo aguas abajo además de algunos rápidos. Por otro lado, puesto que la infraestructura no es muy elevada, en caso de una crecida quedaría completamente inundado y no se podría pasar de un lado a otro.

Alguna posible mejora de este vado sería, en primer lugar, la demolición y construcción de un puente más elevado con unos ojos de mayor tamaño. También se podrían colocar marcos de hormigón grandes y empotrados para así dejar pasar el agua casi sin problemas.

Otro vado problemático es el de Tarrasones (figura B.4.56), que atraviesa en diagonal el Mijares a la altura de Los Ibáñez Bajos. Es fácilmente inundable y cuenta con una precaria pasarela peatonal de madera como apoyo. Dado su uso para acceso a una finca para la que es muy complicado encontrar una ruta alternativa, antes que su demolición puede plantearse su elevación y la posibilidad de un paso más transversal a la corriente y por tanto más corto, como podría ser aguas arriba a la altura de la vieja fábrica de papel.



Fig.B.4.56. Vado de Tarrasones.



Fig.B.4.57. Pequeña crecida en mayo de 2018 en la pasarela de madera anega al vado de Tarrasones. Foto de Javier Marín.

4.5.5. Propuestas de restauración

El presente trabajo constituye una aproximación a la problemática y diagnóstico de este tramo del valle del Mijares, a partir del cual pueden plantearse unas propuestas de mejora que en estudios posteriores pueden desarrollarse como proyectos de restauración fluvial. Por tanto, como síntesis de todo lo expuesto hasta aquí, se propone el siguiente listado simple de posibles iniciativas de mejora y restauración, a expensas de ser replanteadas, trabajadas y aplicadas en próximos estudios de mayor detalle:

- Actividades periódicas de sensibilización y educación ambiental sobre el río.
- Aplicación efectiva de caudales ambientales con objetivos ecológicos y geomórficos.
- Acondicionamiento y revalorización de miradores y áreas de interés fluvial en integración con la red de senderos existente.
- Análisis, evaluación y denuncia de acciones humanas sobre el río.
- Implantación efectiva de caudales ecológicos suficientes y adaptados a la estacionalidad en los tramos cortocircuitados por centrales eléctricas.
- Revisión de concesiones hidroeléctricas y propuestas de clausura.
- Demolición de la presa de Toranes.
- Derribo de azudes tras estudio concesional.
- Establecimiento de pasos para peces en los azudes de Babor, toma de Los Villanuevas en La Hoz y toma de Los Cantos en Los Pertegaces.
- Retranqueo de motas-caminos para dar más espacio al cauce en varios tramos.
- Adecuación del puente de la Peñuela e integración con la dinámica fluvial.
- Adecuación del vado de Los Ramones e integración con la dinámica fluvial.
- Adecuación del vado de Tarrasones e integración con la dinámica fluvial.
- Protección y no actuación sobre el desprendimiento de Covarcha.
- Seguimiento de la libertad fluvial y de no intervención tras crecida.
- Participación colectiva del valle en los futuros proyectos de restauración y en un procedimiento de custodia del territorio.

La verdadera restauración fluvial implica la eliminación de los impactos y presiones que existan sobre el cauce y dejar al río todo el espacio y libertad necesaria, así como el caudal natural, para que pueda cumplir sus funciones y desarrollar sus procesos geomorfológicos y ecológicos.

Aunque el río Mijares en el tramo estudiado presenta actualmente zonas con cierto grado de naturalidad, no puede decirse que se trate de un tramo fluvial libre de múltiples presiones debidas a los usos y de otros impactos como pueden ser fenómenos de contaminación más o menos puntuales, presencia de especies invasoras, etc.

Teniendo en cuenta el actual grado de usos y ocupación de buena parte de la llanura natural de inundación, incluso por construcciones y viviendas humanas, resulta evidente que no van a poder eliminarse en este caso buena parte de las presiones e impactos existentes y que, por tanto, no se puede plantear una verdadera restauración del tramo objeto de estudio. Sin embargo, sí que pueden proponerse algunas actuaciones de rehabilitación fluvial que pueden mejorar la naturalidad y estado del tramo. Dichas actuaciones pueden ser más o menos leves o concretas en algunos puntos y más integradas y complejas en otras, en función de los objetivos que se pretenda conseguir. Se plantean a continuación un par de medidas que podrían ser objeto de un primer proyecto.

- Actuaciones de bioingeniería para defender y reducir el riesgo frente a las crecidas de algunas construcciones consolidadas:

En los casos en los que se considere necesario defender frente a la inundación o el riesgo de las crecidas a determinadas construcciones u ocupaciones, deberían priorizarse en la medida de lo posible actuaciones denominadas blandas, como las que emplean técnicas y materiales de bioingeniería, frente a otras actuaciones como las escolleras o los encauzamientos con hormigón.

En la salida de campo de octubre de 2017 se pudo observar alguna situación muy concreta que se prestaría a este tipo de acciones. Por ejemplo, el restaurante y área de recreo del molino de La Escaleruela ha sufrido las consecuencias de episodios de inundación (figura B.4.58). Si bien su situación, en la llanura de inundación, hace inevitable este riesgo, sí que podría contemplarse alguna actuación puntual que disminuyese sensiblemente la peligrosidad, al menos para que su recurrencia sea menor y dependa de que se produzcan crecidas de mayor entidad.

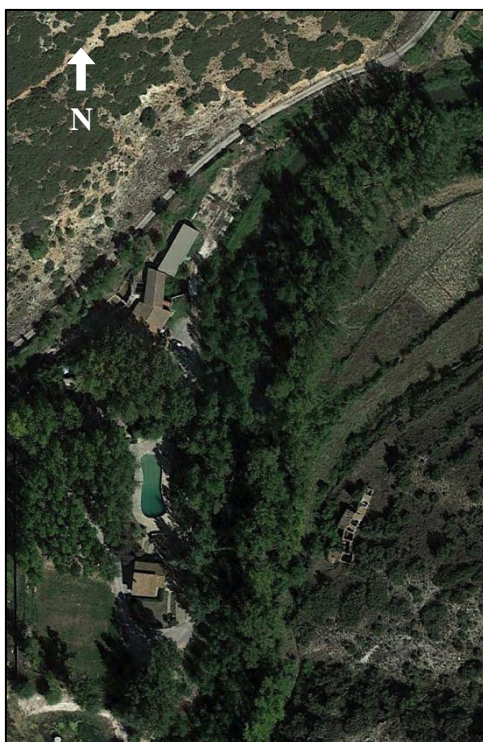


Fig.B.4.58. Posible área de actuación en La Escaleruela.

Se trataría de ejecutar una actuación de ensanche del cauce, incrementando la capacidad de desagüe y de absorber la crecida en este tramo. Estas soluciones tan puntuales, como ya se ha explicado, solo pueden paliar el problema, ya que siempre dependerán de la capacidad de desagüe que exista agua abajo y arriba, de posibles obstáculos, y por supuesto del nivel de la crecida.

Se presentan a continuación imágenes de una actuación parecida a la que se propone realizada en Rute (Córdoba), en la que un cauce con las márgenes bastante verticales y estrechado artificialmente se ensanchó, se tumbaron sus taludes para incrementar su estabilidad y se protegieron las márgenes con una geomalla tridimensional de polipropileno y fibra de coco (diseñada expresamente para cursos fluviales), estaquillando y plantando sobre la misma para recuperar la vegetación natural (figura B.4.59). Esta geomalla cumple una función temporal,

durante unos años, a partir de los cuales empieza a degradarse y desintegrarse, dejando ya una vegetación de ribera consolidada. En el caso del ejemplo, además, se eliminaron inclusive varios chopos de gran porte que impedían ensanchar el cauce, pero se plantaron posteriormente unas diez veces más árboles de los que fueron eliminados, además de estaquillar toda la ribera con especies locales.



Fig.B.4.59. Ejemplo de actuación con bioingeniería en Rute (Córdoba). Imágenes proporcionadas por Tony Herrera, director-gerente de Mediodes.

- Actuación puntual de rehabilitación fluvial integrada y demostrativa:

Se propone que se podría llevar a cabo, en una zona puntual del tramo de estudio, una actuación de rehabilitación fluvial en el que se integren diferentes tipos de acciones de mejora como las descritas anteriormente con acciones de puesta en valor y educación ambiental, generando un espacio fluvial rehabilitado que además de un valor natural, represente un recursos didáctico y un ejemplo demostrativo de lo que se puede hacer en otros puntos y tramos de la cuenca, o en otros ríos con una problemática similar.

Una zona que en los trabajos de campo mostró un fuerte potencial para una acción integrada de este tipo es el área del vado de Tarrasones (Los Ibáñez Bajos) y desde ahí, un tramo hacia aguas abajo (figura B.4.60).



Fig.B.4.60. Posible área de actuación en Los Ibáñez Bajos.

C. CONCLUSIONES

El río Mijares es un curso fluvial característico de la zona mediterránea en la que se localiza que posee un régimen de tipo pluvial mediterráneo con las diferentes oscilaciones estacionales y anuales que se pueden visualizar en los datos de los años más antiguos. Aún así, dichas oscilaciones se reducen significativamente en las últimas décadas, observándose un cambio en el comportamiento del río Mijares especialmente a partir de la década de los años 90. Estos cambios pueden deberse tanto a factores antrópicos como naturales, así como a la unión de ambos.

Estos factores antrópicos se resumen en nuevos usos que han surgido en las últimas décadas como el hidroeléctrico, localizando represamientos y centrales que derivan gran parte del agua para la producción de energía. También se han visto multitud de obstáculos y elementos antrópicos que rompen la continuidad longitudinal y transversal del río, suponiendo un claro impacto negativo en la calidad del sistema fluvial que podría ser minimizado con unas simples actuaciones como, por ejemplo, la ampliación de algunos vados y puentes para que se deje pasar el agua sin problemas.

Por otro lado, se ha podido comprobar que el río Mijares cuenta con un entorno de alto valor ecológico y paisajístico que, debido a su calidad y fragilidad, no debería de ser apto para la localización de actividades humanas agresivas visualmente o que supusieran una explotación de los recursos naturales. De esta manera, sería necesaria una ordenación territorial que considerara la protección, cuidado y mantenimiento de todo este entorno, así como su puesta en valor.

En esta línea, las propuestas planteadas para la mejora y restauración del río Mijares y de su sistema fluvial, así como la protección de sus riberas, pueden verse como un esbozo de unas posibles soluciones a una problemática con la que cuentan muchos ríos del planeta y, de querer plantear una planificación real con la que realizar actuaciones y proyectos, habría que profundizar más en los temas tratados aquí además de en otras muchas temáticas.

D. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

La documentación consultada para la realización de este trabajo ha sido la siguiente:

- González Cano, J.M. (2017): *Informe ambiental del río Mijares en su cuenca alta en la provincia de Teruel*. Asociación Mijares Vivo.
- González Cano, J.M., Lapesa, S. (2003): *Estudio medioambiental del río Mijares (Teruel)*. Servicio Provincial, Dpto. de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón.
- Hermosilla, J. (Dir., 2011): *Los regadíos tradicionales del alto Mijares*. Confederación Hidrográfica del Júcar, València.
- Hoffrén, R., Valverde, P.J. (2018): *Análisis integrado de la cuenca del río Ésera hasta Linsoles*. Trabajo inédito. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, 42 pp.
- Ibáñez, J. (2016): *Las Hoces del Mijares y los Estrechos del Diablo. Propuesta de Parque Cultural*. Informe inédito, Rubielos de Mora.
- Kirpich, Z.P. (1940): Time of concentration of small agricultural watersheds. *Journal of Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Lozano, M.V. (1988): *Estudio geomorfológico de las Sierras de Gúdar (Provincia de Teruel)*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Lozano, M.V. (1997): Notas geomorfológicas sobre la depresión de Sarrión y el valle del río Mijares, *Studium. Revista de Humanidades*, 4: 141-161.
- Lozano, M.V., Sancho, C., Peña, J.L. (1999): Las formaciones travertínicas de la cuenca alta del río Mijares (provincia de Teruel). *Teruel*, 87(1): 69-91.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., Echeverría, M.T., Granado, D., Ibisate, A., Sánchez Gil, L., Sánchez Gil, N. (2007): Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, 52: 113-141.
- Peña, J.L., Cuadrat, J.M., Sánchez, M. (2002): *El clima en la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses, Cartillas turolenses, 20, 91 pp.
- Peña, J.L., Sancho, C., Lozano, M.V. (2000): Climatic and tectonic significance of late Pleistocene and Holocene tufa deposits in the Mijares river canyon, Eastern Iberian range, Northeast Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 1403-1417.
- Quereda, J., Montón, E., Escrig, J. (2010): Los recursos hídricos en el sistema hidrográfico del río Mijares-La Plana. *Informaciones Geográficas*, 51: 185-201.

- Quereda, J., Montón, E., Mollá, B., Quereda, M.V. (2016): Evaluación de los recursos hídricos en el sistema hidrográfico Mijares-La Plana. Efectos bajo un escenario de cambio climático. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 70: 169-182.
- Sánchez, M., Ollero, A., Mora, D., Valle, J. del, Ballarín, D. (2013): *Los ríos de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses, Cartillas turolenses, 28, 60 pp.

Los sitios web consultados han sido los siguientes:

- Confederación Hidrográfica del Júcar. [online] Disponible en: <https://www.chj.es/es-es/Organismo/Paginas/Organismo.aspx>
- Datos climáticos de Cedrillas, Valbona y Olba. Datos climáticos mundiales. [online] Disponible en: <https://es.climate-data.org/>
- Instituto Geográfico Nacional. Centro de descargas. [online] Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Instituto Geológico y Minero de España. Cartografía geológica. [online] Disponible en: <http://info.igme.es/cartografiadigital/portada/default.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [online] Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/>
- Objetivos Temáticos Europa 2020. Comisión Europea. [online] Disponible en: <https://ec.europa.eu/>
- Sistema de Información del Anuario de Aforos. Redes de seguimiento. [online] Disponible en: <http://sig.mapama.es/redes-seguimiento/>
- Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. [online] Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/>

ANEXO 1. Índices de figuras y tablas

Índice de figuras

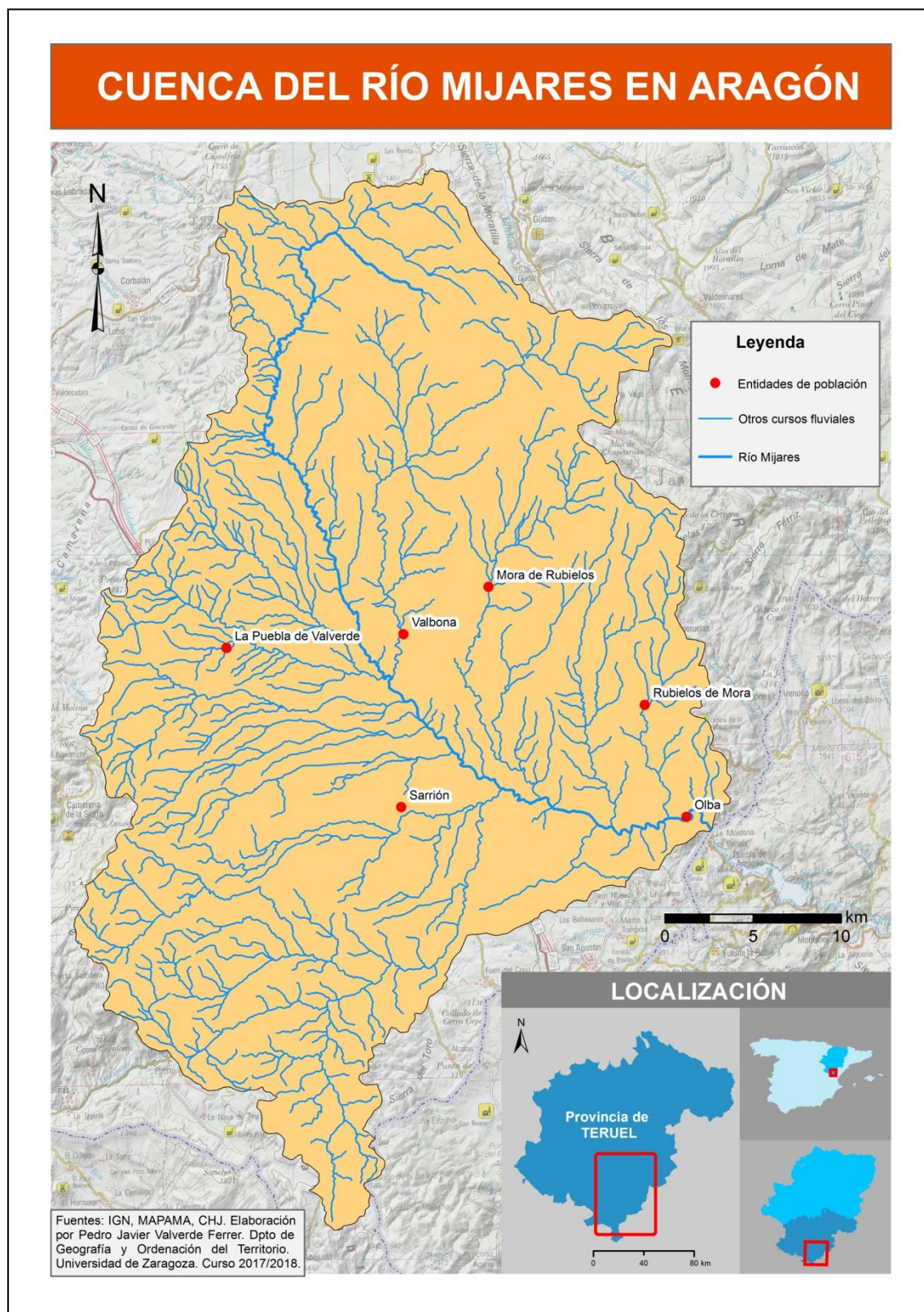
Figura A.2.1.	Delimitación de la cuenca del Mijares en Aragón.....	4
Figura A.2.2.	Tramo del río Mijares estudiado y analizado.....	5
Figura B.1.1.	Valores de precipitación media anual sobre el Sistema Hidrográfico del río Mijares-La Plana (1950-2000).....	11
Figura B.1.2.	Climograma de Cedrillas.....	11
Figura B.1.3.	Climograma de Valbona.....	12
Figura B.1.4.	Climograma de Olba.....	12
Figura B.1.5.	Mapa de pendientes de la cuenca del Mijares en Aragón.....	13
Figura B.1.6.	Mapa litológico de la cuenca del Mijares en Aragón.....	14
Figura B.1.7.	Mapa de vegetación y usos del suelo de la cuenca del Mijares en Aragón.....	15
Figura B.1.8.	Mapa de dominancia de los procesos de escorrentía e infiltración.....	16
Figura B.2.1.	Gráfica de irregularidad interanual entre 1946-2013. Aforo de El Terde.....	17
Figura B.2.2.	Gráfica de irregularidad interanual entre 1991-2015. Aforo de Arenós.....	19
Figura B.2.3.	Gráfica de variación estacional en tres periodos distintos. Aforo de El Terde.....	20
Figura B.2.4.	Gráfica de variación estacional entre 1990/91-2014/15. Aforo de Arenós.....	20
Figura B.2.5.	Reparto mensual de las crecidas entre 1946/47-2014/15. Aforo de El Terde.....	21
Figura B.2.6.	Reparto mensual de las crecidas en el periodo 1990/91-2014/15 (Arenós).....	22
Figura B.2.7.	Hidrograma de crecida de octubre de 1957. Aforo de El Terde.....	23
Figura B.2.8.	Hidrograma de crecida de agosto de 2009. Aforos de El Terde y Arenós.....	24
Figura B.2.9.	Hidrograma de crecida de julio de 2014. Aforos de El Terde y Arenós.....	24
Figura B.2.10.	Distribución mensual de los estiajes. Aforo de El Terde.....	25
Figura B.2.11.	Evento de estiaje entre octubre y enero del 1970/71. Aforo de El Terde.....	26
Figura B.2.12.	Evento de estiaje durante el año 1993/94. Aforo de El Terde.....	27
Figura B.2.13.	Mapa de inundabilidad en la zona de la confluencia del Albentoda con el Mijares y en la zona de Olba con periodos de retorno de 10, 50 y 500 años.....	28
Figura B.2.14.	Fotografía de un vado en Los Ramones que sería intransitable en caso de una crecida del río Mijares.....	29
Figura B.2.15.	Ortofotos de zonas puntuales de Olba donde se observan edificaciones, infraestructuras y campos de cultivo que serían inundados en crecidas.....	30
Figura B.2.16.	Fotografía e la zona del desprendimiento de Covarcha en Los Pertegaces.....	31
Figura B.2.17.	Fotografía del desprendimiento y de los materiales que taponen el río.....	32
Figura B.2.18.	Fotografía donde se observa por dónde discurría antes el río y por donde lo hace actualmente.....	32
Figura B.2.19.	Fotografía del puente que ha quedado inaccesible por el embalsamiento.....	33
Figura B.3.1.	Tramos del río Mijares analizados.....	34
Figura B.3.2.	Mapa de obstáculos de carácter antrópico en el río Mijares (Valbona-Olba).....	35
Figura B.3.3.	Ribera con discontinuidades y edificaciones en el borde del corredor ribereño..	40
Figura B.4.1.	Cuenca hidrográfica de la rambla La Peñuela.....	43
Figura B.4.2.	Fotografía desde aguas abajo del puente y paso bajo la carretera de La Peñuela.....	44
Figura B.4.3.	Terraplén deteriorado por la crecida más reciente en el puente de La Peñuela.....	45
Figura B.4.4.	Mapa de procesos hidrológicos dominantes en la cuenca de La Peñuela.....	46
Figura B.4.5.	Cauce menor del barranco de La Peñuela aguas abajo del puente.....	47
Figura B.4.6.	Gavión destruido aguas abajo del puente de La Peñuela.....	47
Figura B.4.7.	Localización de las áreas de interés fluvial.....	48
Figura B.4.8.	Límites del tramo aluvial.....	48
Figura B.4.9.	Morfología del tramo aluvial.....	49
Figura B.4.10.	Confluencia Mijares-Tejería.....	49
Figura B.4.11.	Detalle del área de interés Meandro del Terde.....	50
Figura B.4.12.	Imagen que muestra la belleza del enclave y su interés geomorfológico.....	50
Figura B.4.13.	Vista aérea del azud, localizado al oeste de la carretera A-228.....	51
Figura B.4.14.	Azud de Babor.....	51
Figura B.4.15.	Imagen aérea de los manantiales de Babor.....	52
Figura B.4.16.	Cauce del Mijares en la curva previa a los manantiales.....	52
Figura B.4.17.	Localización del tramo de interés del barranco de los Judíos.....	53

Figura B.4.18.	Localización en detalle del área de confluencia Mijares-Albentosa.....	53
Figura B.4.19.	Elementos antrópicos en el curso final del río Albentosa.....	54
Figura B.4.20.	Punto de confluencia, observándose de frente la llegada del Mijares.....	54
Figura B.4.21.	Base sedimentaria del Mijares aguas abajo de la confluencia.....	55
Figura B.4.22.	Pequeño resalte artificial en el tramo final del Albentosa.....	56
Figura B.4.23.	Azud de derivación del molino de la Escaleruela.....	56
Figura B.4.24.	Imagen aérea de la presa y embalse de Toranes.....	57
Figura B.4.25.	Presa del embalse de Toranes.....	57
Figura B.4.26.	Meandro de la Canaleta.....	58
Figura B.4.27.	La cascada de la Hiedra.....	59
Figura B.4.28.	Área de La Pileta, confluencia del Mora y Fuenseca.....	59
Figura B.4.29.	Puente de la Fuenseca (1670).....	60
Figura B.4.30.	Lecho en roca del Mijares y ribera de la Fuenseca.....	61
Figura B.4.31.	Puente actual de la carretera A-1515.....	61
Figura B.4.32.	Vista de la entrada de la Hoz del Mijares.....	62
Figura B.4.33.	Localización del área de interés.....	63
Figura B.4.34.	Imagen en detalle del profundo congosto de entrada a la Hoz del Mijares.....	64
Figura B.4.35.	Descenso de la tubería desde el mirador a la central de Las Casas.....	65
Figura B.4.36.	Localización del mirador y tramo de la Hoz.....	65
Figura B.4.37.	Vistas desde el mirados hacia aguas arriba.....	65
Figura B.4.38.	Mole travertínica desde el interior de la Hoz.....	66
Figura B.4.39.	Imagen del enclave, aguas arriba del puente del Cantal.....	66
Figura B.4.40.	Perímetro del área afectada por el desprendimiento.....	67
Figura B.4.41.	Fotografía aérea de 2016, anterior al desprendimiento.....	68
Figura B.4.42.	Fotografía aérea de 2017, posterior al desprendimiento.....	68
Figura B.4.43.	Localización de los barrios y los vados.....	69
Figura B.4.44.	El cauce en roca del río Rubielos.....	70
Figura B.4.45.	Restos del acueducto sobre el río Rubielos.....	71
Figura B.4.46.	Localización del acueducto.....	72
Figura B.4.47.	Localización de los principales elementos.....	73
Figura B.4.48.	Actual ribera de Olba desde el puente.....	73
Figura B.4.49.	Localización del antiguo barrio de El Bayo.....	74
Figura B.4.50.	Edificio en construcción en el antiguo emplazamiento de El Bayo.....	75
Figura B.4.51.	Vado viejo de La Tosca en su mitad meridional.....	76
Figura B.4.52.	Vado portátil y de mínimo impacto en El Molinete.....	76
Figura B.4.53.	Vado muy precario para acceso a Terrero Sevilla en Los Pertegaces.....	77
Figura B.4.54.	Vado de Los Ramones con los rápidos que genera.....	77
Figura B.4.55.	Detalle del flujo aguas abajo del vado de Los Ramones.....	78
Figura B.4.56.	Vado de Tarrasones.....	79
Figura B.4.57.	Pequeña crecida en mayo de 2018 en la pasarela de madera que anega el vado de Tarrasones.....	79
Figura B.4.58.	Posible área de actuación en La Escaleruela.....	81
Figura B.4.59.	Ejemplo de actuación con bioingeniería en Rute (Córdoba).....	82
Figura B.4.60.	Posible área de actuación en Los Ibáñez Bajos.....	83

Índice de tablas

Tabla A.5.1.	Reclasificación de las pendientes.....	9
Tabla A.5.1.	Reclasificación de la litología.....	9
Tabla A.5.1.	Reclasificación de la vegetación y los usos del suelo.....	10
Tabla B.2.1.	Caudal máximo instantáneo mensual entre 1990/91-2014/15 (El Terde).....	22
Tabla B.3.1.	Valoración del tramo Valbona-Babor del Mijares tras aplicar el IHG.....	37
Tabla B.3.2.	Valoración del tramo Babor-Fonseca del Mijares tras aplicar el IHG.....	38
Tabla B.3.3.	Valoración del tramo Fonseca-Olba del Mijares tras aplicar el IHG.....	39

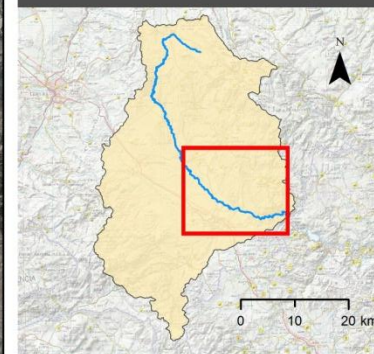
ANEXO 2. Cartografías elaboradas



TRAMO ESTUDIADO DEL RÍO MIJARES



Cuenca del Mijares en Aragón



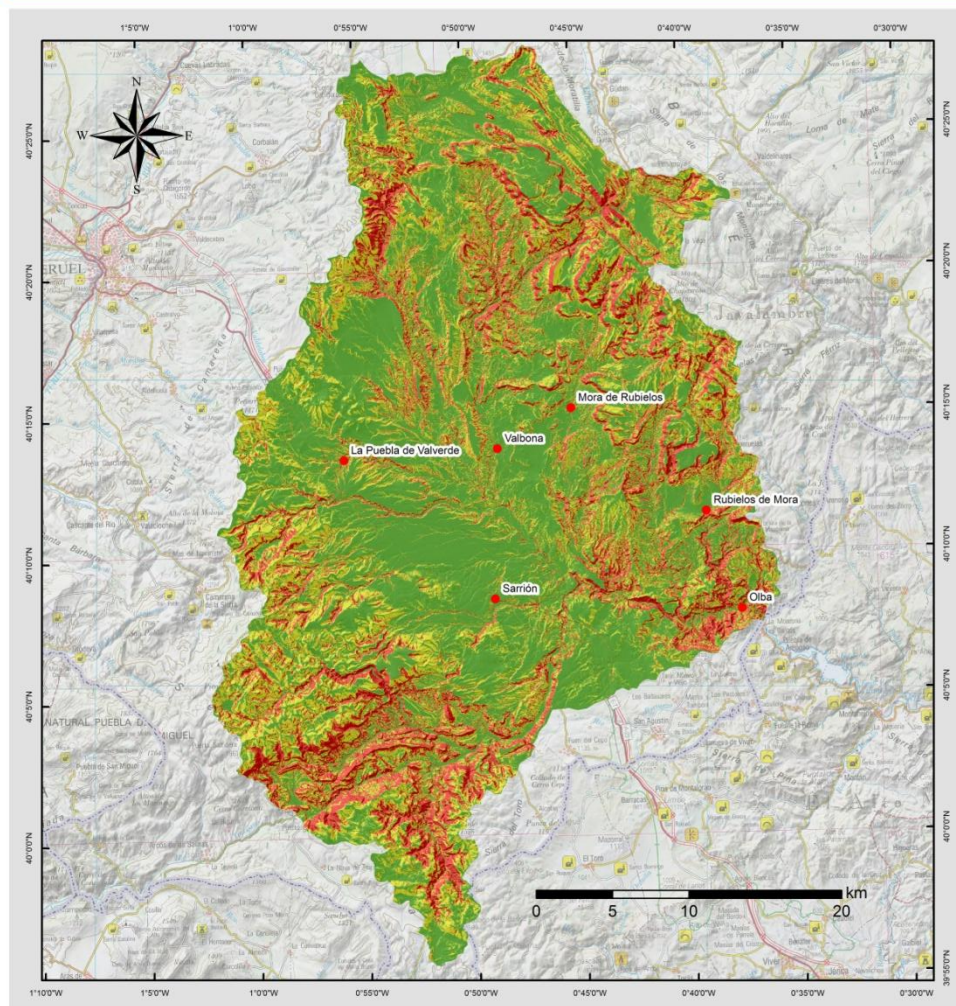
Leyenda

● Núcleos de población

— Río Mijares

Base: Ortofoto PNOA de máxima actualidad.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).
Elaborado por Pedro Javier Valverde Ferrer.
Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio.
Universidad de Zaragoza. Curso 2017-2018.

MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA DEL MIJARES EN ARAGÓN



LOCALIZACIÓN



Leyenda

Signos convencionales

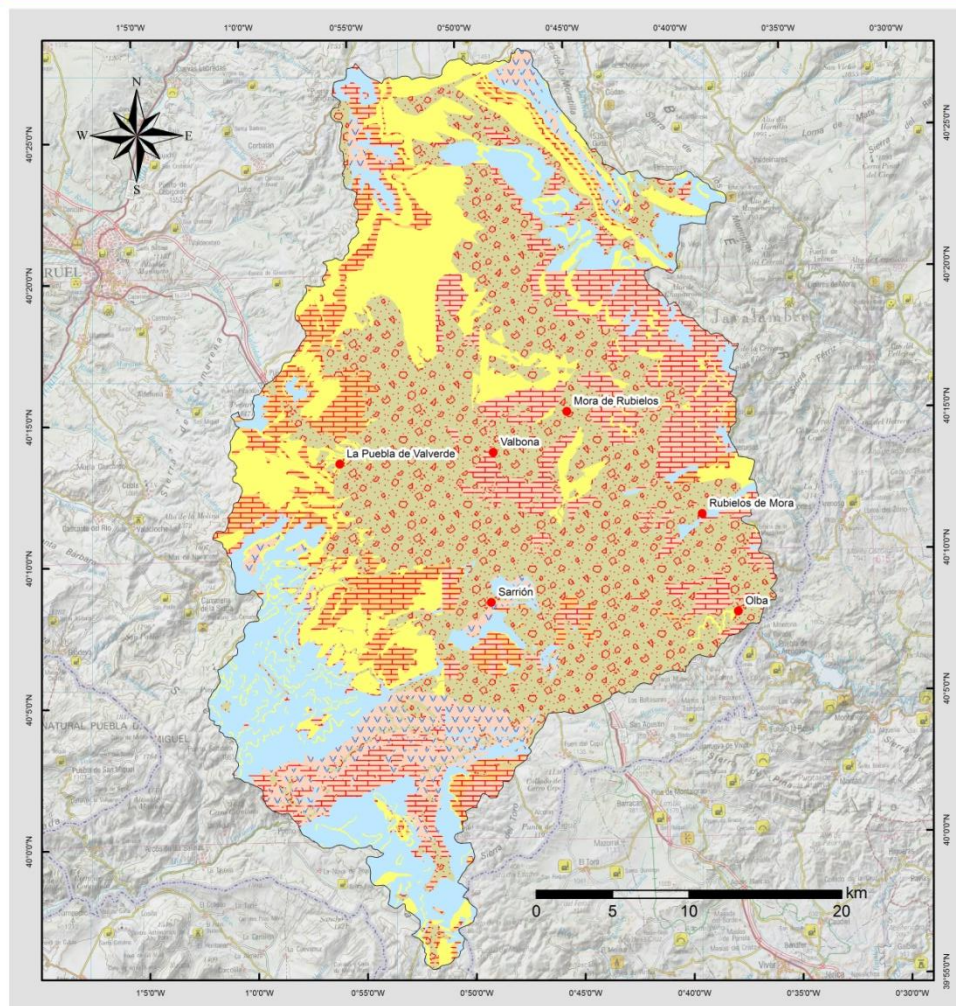
- Entidad de población
- Curso fluvial

Pendiente

- Inferior a 10°
- Entre 10° y 20°
- Superior a 20°

Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Base: Mapa Topográfico Nacional (2015) a escala 1:200.000. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaborado por: Pedro Javier Valverde Ferrer, Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Curso 2017/2018.

MAPA LITOLÓGICO DE LA CUENCA DEL MIJARES EN ARAGÓN



LOCALIZACIÓN



Leyenda

Signos convencionales

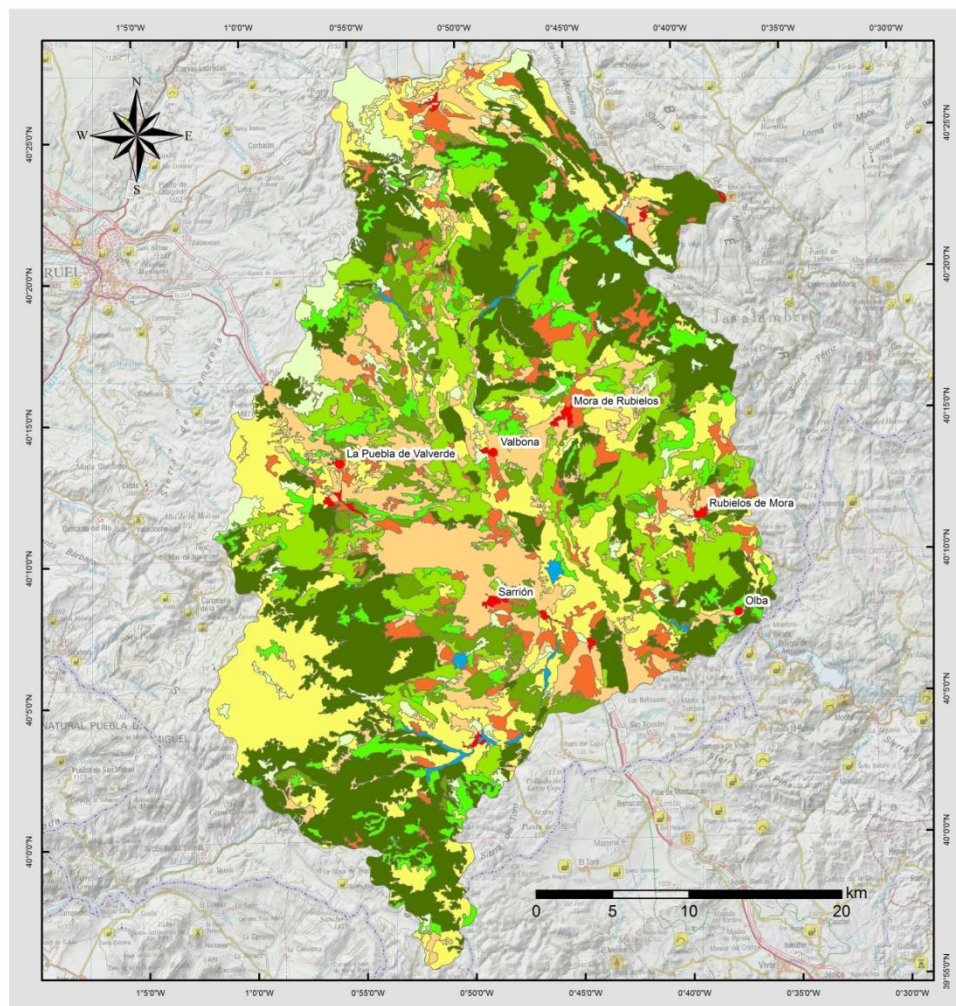
- Entidad de población
- Curso fluvial

Litología

- Alternancia de calizas, arcillas y margas
- Arcillas y arenas
- Arcillas y yesos
- Calizas
- Calizas y dolomías
- Conglomerados y gravas
- Margas y calizas

Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Base: Mapa Topográfico Nacional (2015) a escala 1:200.000. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Elaborado por: Pedro Javier Valverde Ferrer. Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Curso 2017-2018.

MAPA DE USOS DE SUELO DE LA CUENCA DEL MIJARES EN ARAGÓN



LOCALIZACIÓN



Leyenda

Usos del suelo

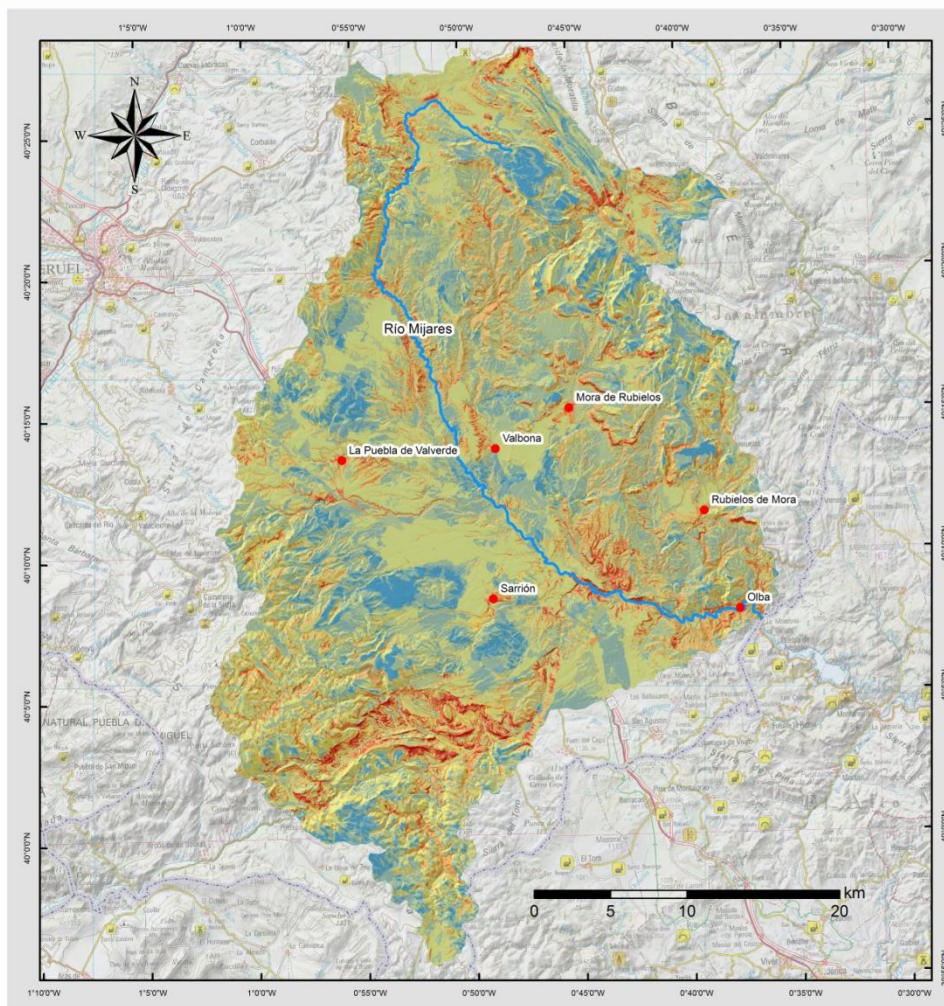
Bosques de coníferas	Matorrales esclerófilos
Bosques de frondosas	Matorrales húmedos
Bosques mixtos	Prados y pastizales
Cultivos de regadío	Tejido urbano discontinuo
Cultivos de secano	
Matorral boscoso de transición	
Agrícola pero con vegetación natural	

Signos convencionales

Entidad de población	Curso fluvial
----------------------	---------------

Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Base: Mapa Topográfico Nacional (2015) a escala 1:200.000. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaborado por: Pedro Javier Valverde Ferrer. Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Curso 2017-2018.

PROCESOS DOMINANTES EN LA CUENCA DEL MIJARES EN ARAGÓN



LOCALIZACIÓN



Leyenda

Signos convencionales

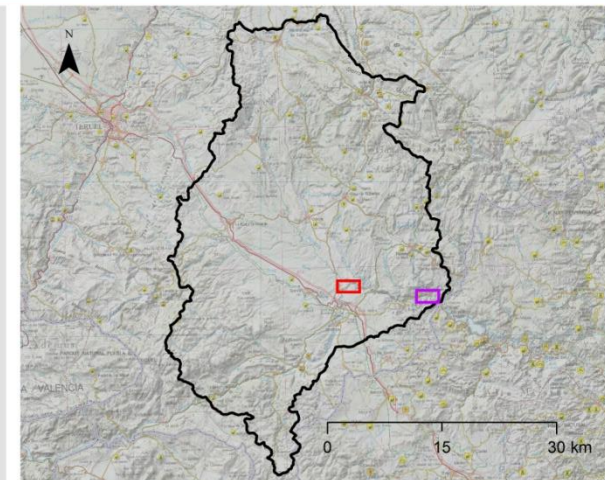
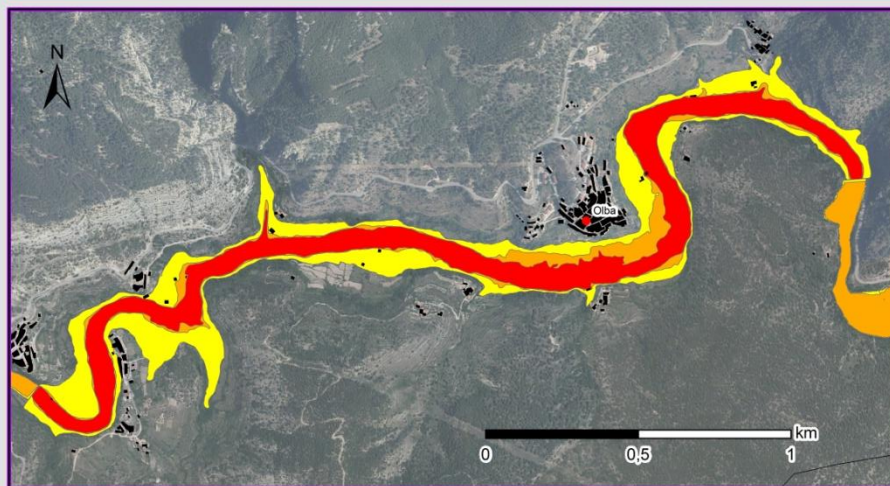
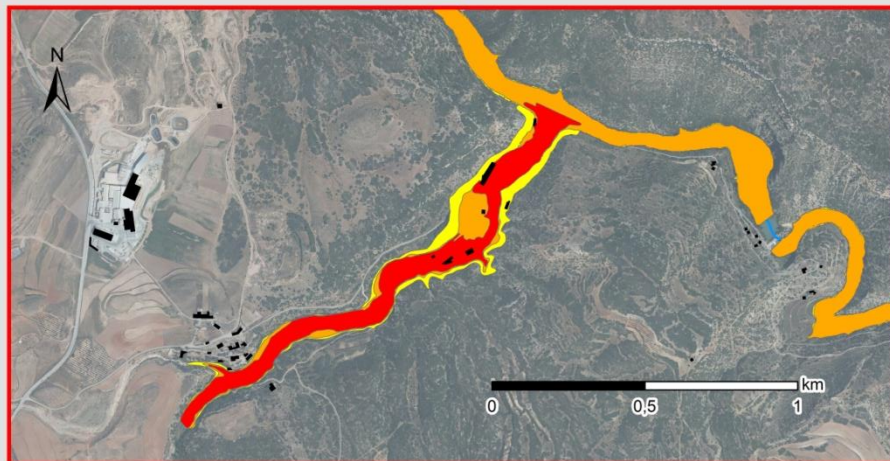
- Entidad de población
- Curso fluvial

Proceso hidrológico dominante

- Mayor escorrentía
- Mayor infiltración

Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Base: Mapa Topográfico Nacional (2015) a escala 1:200.000. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaborado por: Pedro Javier Valverde Ferrer. Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Curso 2017-2018.

INUNDABILIDAD EN DOS ÁREAS DE LA CUENCA DEL MIJARES



Leyenda

Láminas de inundación

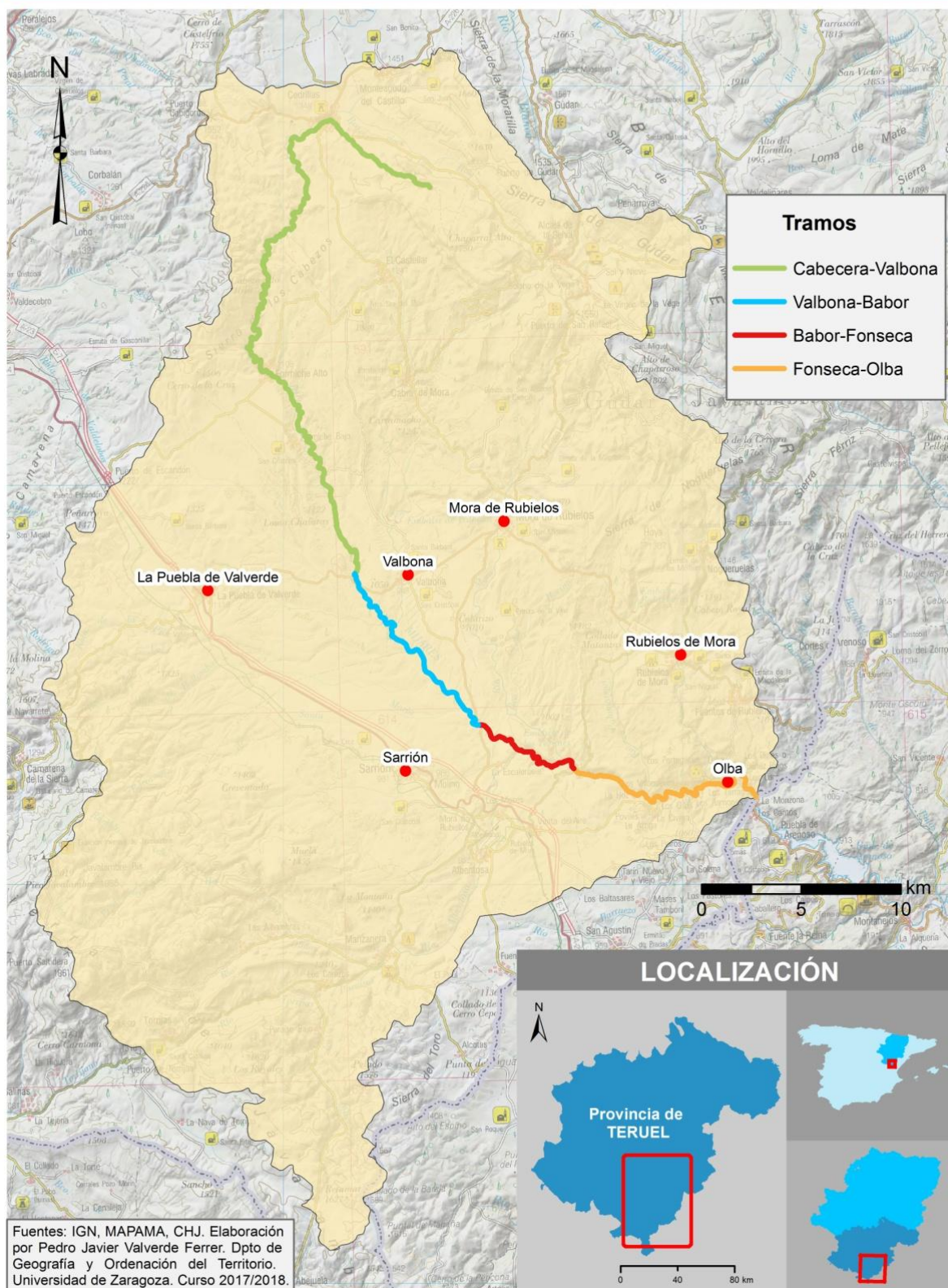
- Periodo de retorno de 10 años
- Periodo de retorno de 50 años
- Periodo de retorno de 500 años

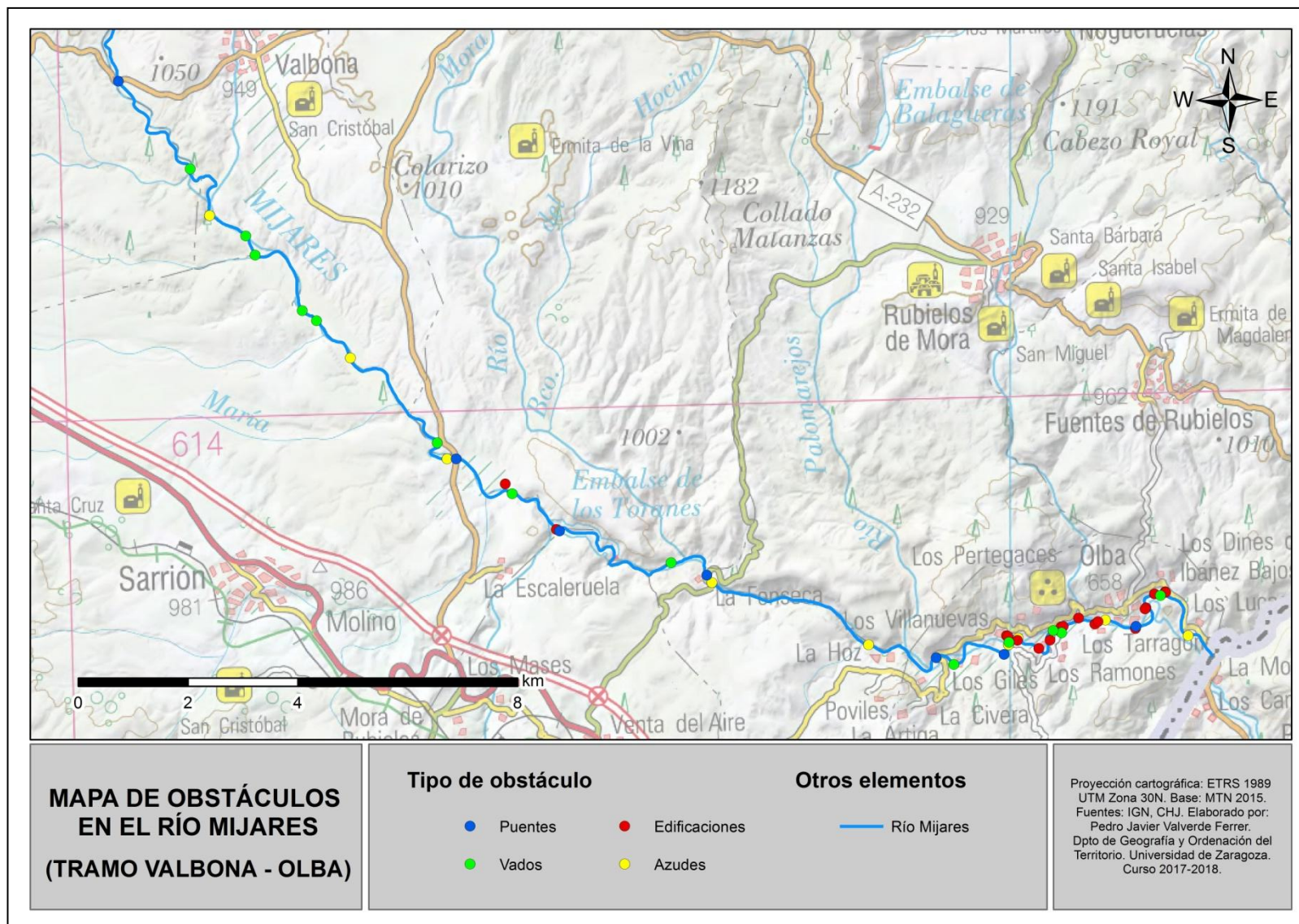
Signos convencionales

- Entidad de población
- Curso fluvial
- Edificaciones

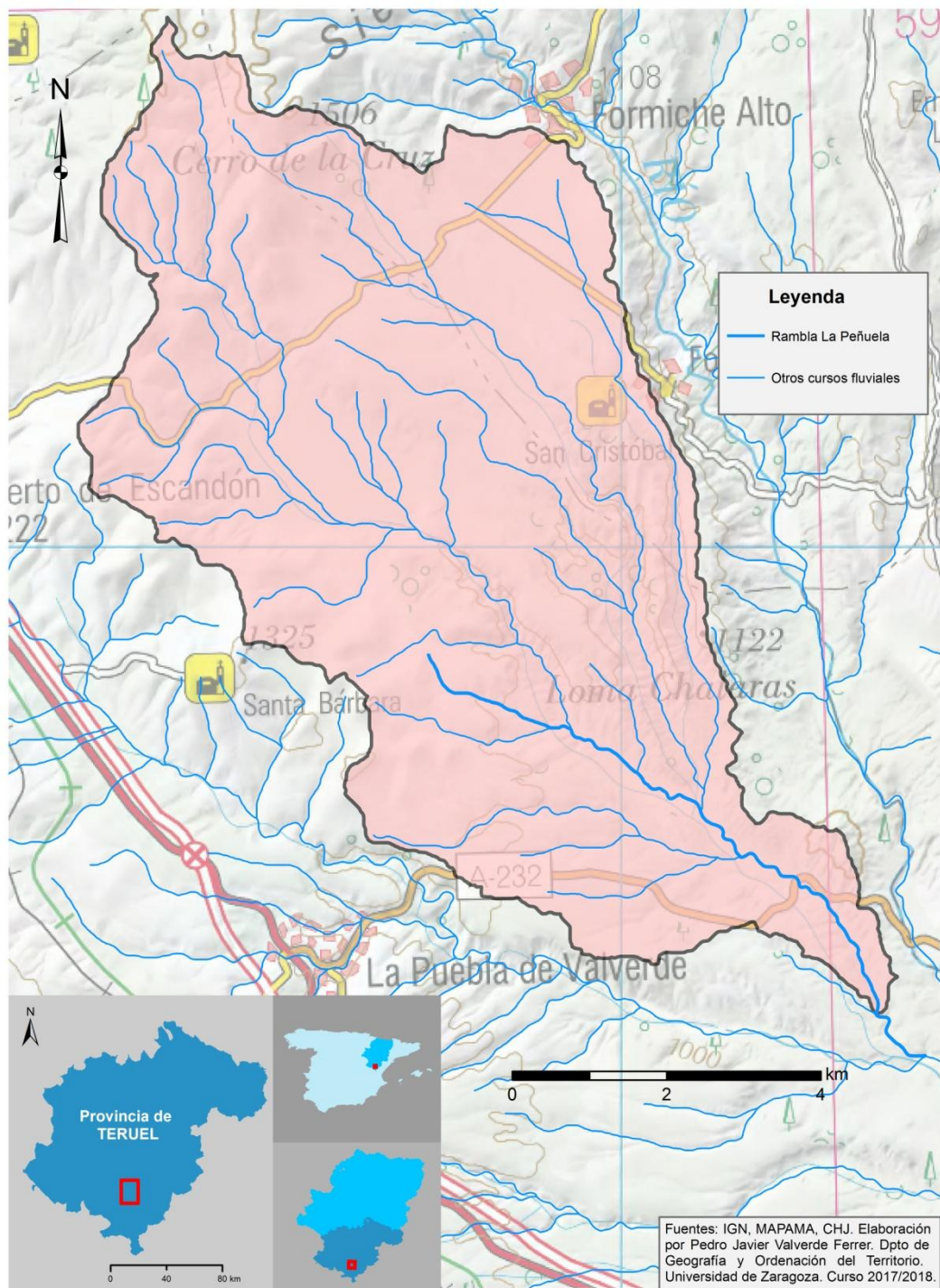
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Base: Ortofoto PNOA de máxima actualidad. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Elaborado por: Pedro Javier Valverde Ferrer, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Curso 2017-2018.

TRAMOS ANALIZADOS DEL RÍO MIJARES

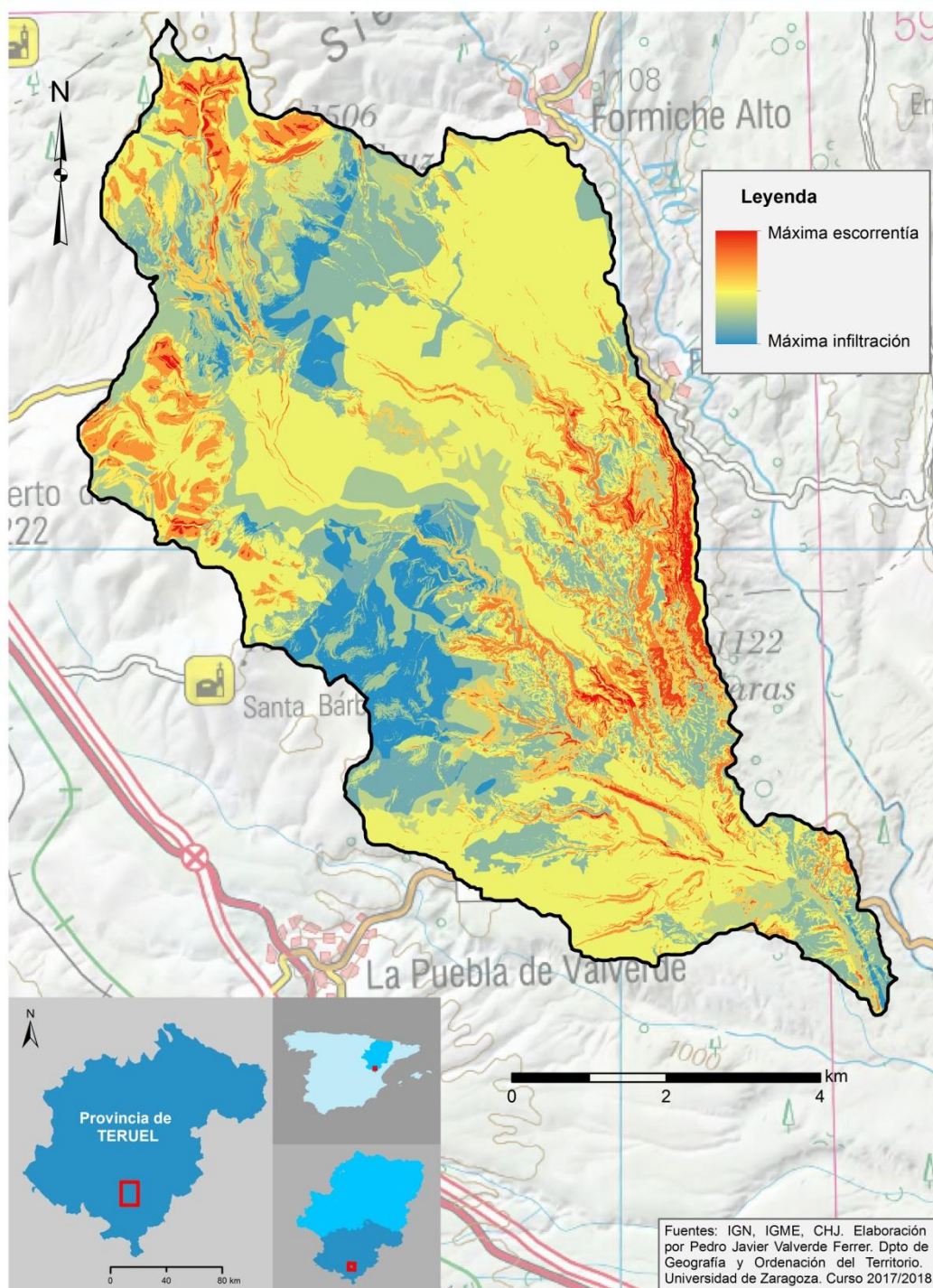




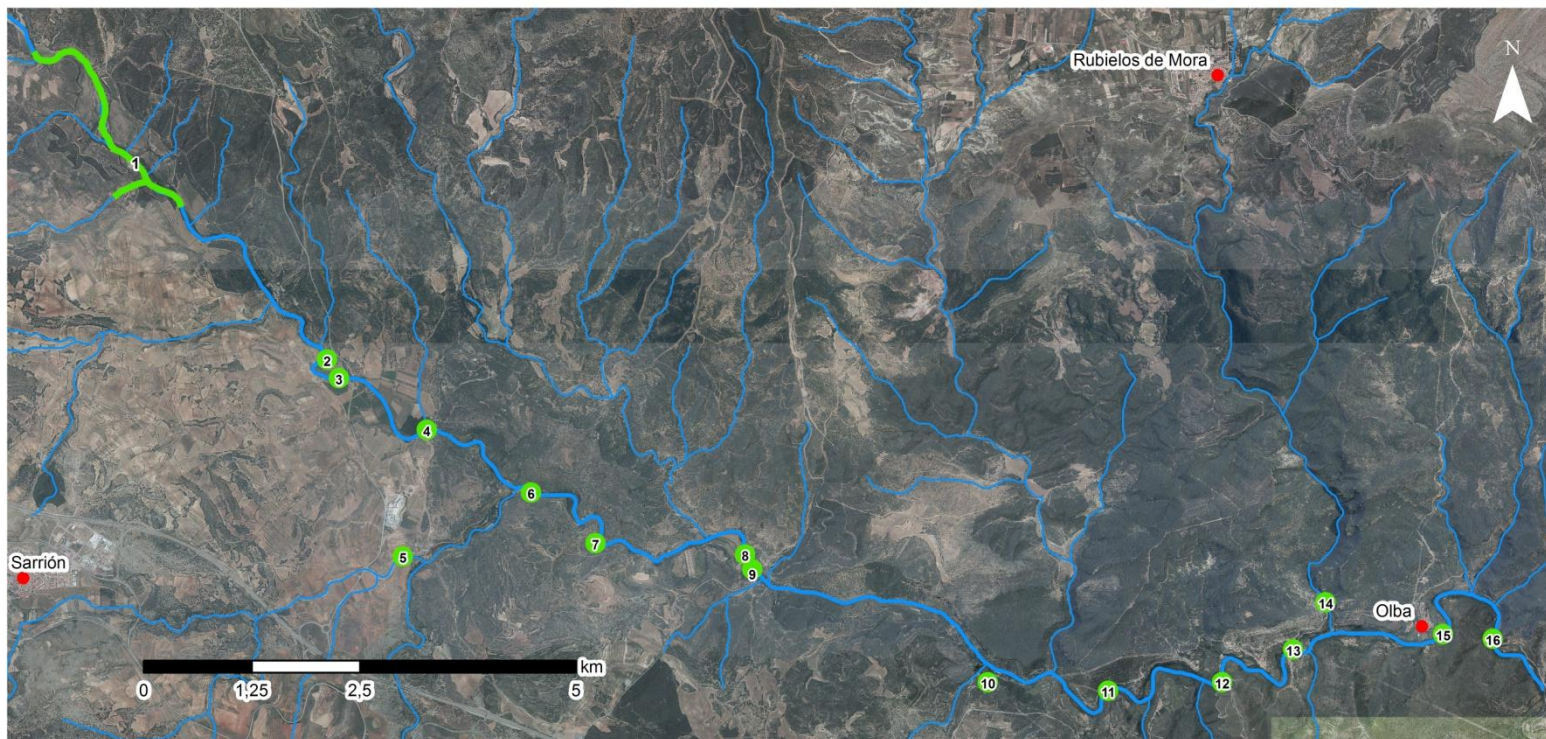
CUENCA DE LA RAMBLA LA PEÑUELA



PROCESOS HIDROLÓGICOS EN LA RAMBLA LA PEÑUELA



ÁREAS DE INTERÉS FLUVIAL EN EL RÍO MIJARES



Numeración de las áreas de interés

- | | |
|--|---|
| 1. Tramo aluvial de río Pilas a Tejería | 7. Meandro de Canaleta |
| 2. Meandro de El Terde | 8. Confluencia del Mora y ribera de La Fuenseca |
| 3. Azud de Babor | 9. Puente del Diablo e inicio de La Hoz |
| 4. Manantiales de Babor | 10. Mirador de La Hoz |
| 5. Barranco de Los Judíos | 11. Puente de El Cantal |
| 6. Confluencia del Albentosa y cola de Toranes | 12. Desprendimiento de Covarcha |

Otros elementos

- Áreas de interés
- Entidades de población
- Río Mijares
- Otros cursos fluviales

Base: Ortofoto de máxima actualidad
PNOA. Sistema de coordenadas:
ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Fuente: Instituto Geográfico
Nacional (IGN). Elaborado por
Pedro Valverde Ferrer. Abril de 2018.